

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DE RONDÔNIA – UNIR
NÚCLEO DE CIÊNCIAS EXATAS E DA TERRA
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MESTRADO EM GEOGRAFIA

**A NATUREZA DOS MATERIAIS LATERÍTICOS ENTRE PORTO VELHO
E MORRINHOS: RELAÇÃO MORFOLÓGICA E APLICAÇÃO.**

Telma Cristina Nery Nascimento

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

Porto Velho - Rondônia
2011

Telma Cristina Nery Nascimento

**A NATUREZA DOS MATERIAIS LATERÍTICOS ENTRE PORTO VELHO
E MORRINHOS: RELAÇÃO MORFOLÓGICA E APLICAÇÃO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra da Fundação Universidade Federal de Rondônia, para obtenção do Título de Mestre em Geografia.

Área de Concentração: A Amazônia e Políticas de Gestão Territorial.

Linha de Pesquisa: Meio Físico e Desenvolvimento Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi

**Porto Velho – Rondônia
2011**

FICHA CATALOGRÁFICA
BIBLIOTECA PROF. ROBERTO DUARTE PIRES

N244n

Nascimento, Telma Cristina Nery.

A natureza dos materiais lateríticos entre Porto Velho e morrinhos: relação morfológica e aplicação. / Telma Cristina Nery Nascimento. Porto Velho, Rondônia, 2011.
78f.

Dissertação (Mestrado em Geografia) – Núcleo de Ciências Exatas e da Terra, Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, Fundação Universidade Federal de Rondônia, Porto Velho, Rondônia, 2011.

Orientador: Prof. Dr. Vanderlei Maniesi.

1. Geomorfologia. 2. Laterito Imaturo. 3. Morfoescultura. I. Título.

CDU: 511.4(811.1)


Bibliotecária Responsável: Eliane Gemaque / CRB 11-549

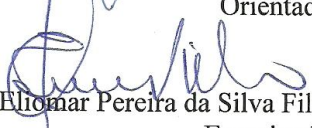
ATA DE DEFESA PÚBLICA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

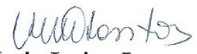
Telma Cristina Nery Nascimento

A Banca de defesa de Mestrado presidida pelo orientador Prof. Dr. Vanderlei Maniesi e constituída pelos examinadores Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho e Profa. Dra. Maria Luíza Lopes de Oliveira Santos, reuniu-se no dia 05 de julho de 2011, às 09:00 horas na sala de aula Josué de Castro, Prédio do Mestrado em Geografia, sito no Campus Universitário José Ribeiro Filho, para avaliar a Dissertação de Mestrado intitulada "*A Natureza dos Materiais Lateríticos entre Porto Velho e Morrinhos: Relação Morfológica e Aplicação*" da mestrande *Telma Cristina Nery Nascimento* matrícula 200910107. Após a explanação da mestrande, e sua arguição pela Banca Examinadora, a referida dissertação foi avaliada e de acordo com as normas estabelecidas pelo Regimento do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia foi considerada APROVADA. Conforme determinação do Colegiado do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, a candidata tem o prazo de até 90 (noventa) dias, a contar desta data, para realizar as correções sugeridas pela banca e entregar as cópias definitiva de sua dissertação.

Porto Velho, 05 de julho de 2011.


Prof. Dr. Vanderlei Maniesi
Orientador


Prof. Dr. Eliomar Pereira da Silva Filho
Examinador


Profa. Dra. Maria Luíza Lopes de Oliveira Santos
Examinadora

“Não existe movimento fora das coisas; aquilo que muda, muda sempre ou substancialmente, ou quantitativamente, ou qualitativamente, ou localmente. (...) é, pois, necessário que a construção seja o seu ato, e a construção é um movimento.”

Aristóteles.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Raimundo e Janete,
Minhas irmãs Cláudia e Cristina
que sempre me apoiam.

AGRADECIMENTOS

Deus, pela sua presença constante em minha vida, pela força e coragem concedidas principalmente nas horas mais difíceis desta pesquisa, e por me confortar nas horas difíceis desta jornada.

Aos meus pais, Raimundo e Janete, que me deram a educação base para minha vida e apoio nos meus estudos, por todo amor, carinho e apoio incondicionais. Amo muito vocês!

Às minhas queridas irmãs Cláudia e Cristina, primas Aline e Adriely e tias Janilce e Socorro pela amizade, pelo amor. Obrigada por vocês existirem perto de mim. Beijos!

A todos os meus amigos, em especial ao meu querido amigo MSc. Jessé Vale Auzier Neto, pela ajuda constante, pelo apoio, companheirismo e sólida amizade que construímos durante esses oito anos na Universidade, que tenho certeza, será para sempre! Obrigada pela amizade!

Aos colegas da turma de Mestrado em Geografia de 2009, pelo companheirismo, pela espontaneidade e alegria na troca de informações e materiais, numa rara demonstração de solidariedade, e por todos os momentos felizes que passamos juntos.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação Mestrado em Geografia, pelas suas vocações inequívocas, pelo espírito inovador de multiplicar seus conhecimentos nas disciplinas ministradas, e por suprir eventuais lacunas que tenha ocorrido por parte dos mestrandos, pelo carinho, dedicação e entusiasmo demonstrado ao longo do mestrado. *Tenho certeza de que fiz a escolha certa.* Obrigada pela oportunidade!

Ao orientador Professor Dr. Vanderlei Maniesi, pelos importantes ensinamentos científicos, pela amizade, pelo incentivo, simpatia e presteza no auxílio às atividades e discussões sobre o andamento e normatização desta pesquisa, bem como pelas atividades de campo, nas quais pude visualizar outros mecanismos de pesquisa em campo. Obrigada pela confiança depositada, ao aceitar a responsabilidade de ser meu Orientador novamente nesta pesquisa. E que me mostrou o caminho para a pesquisa científica desde a época de graduação, o que contribuiu muito para meu amadurecimento científico. Obrigada por me fazer perceber que a *“Pesquisa Científica vale à pena”*. *E por me ensinar que a Pesquisa Científica se faz com Ética e Profissionalismo.* Muito obrigada pela extraordinária orientação!

Ao amigo Geólogo MSc. Amílcar Adamy, obrigada pela cedência dos materiais bibliográficos de sua biblioteca pessoal, que ajudaram bastante na realização desta pesquisa. Agradeço a atenção e as sugestões maravilhosas. Obrigada pelos ensinamentos valiosos.

Ao meu cunhado Luiz Recktenwald, agradeço pela paciência na revisão Lingüística, Gramatical e Inglesa. Muito Obrigada.

Agradeço ao amigo Geógrafo MSc. Afonso Nogueira dos Santos, pela ajuda e realização das análises granulométricas e mineralógicas, tem profundo conhecimento e larga experiência na área mineralógica. Obrigada.

Ao Laboratório de Laminação do Departamento de Petrologia e Metalogenia da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Instituto de Geociências e Ciências Exatas de Rio Claro – UNESP/Rio Claro, onde foram confeccionadas as seções delgadas polidas, sob orientação do Professor Dr. Antenor Zanardo. Muito Obrigada pela execução dos ensaios.

Ao Professor Dr. Marcondes Lima da Costa da Universidade Federal do Pará, Centro de Geociências, Departamento de Geoquímica e Petrologia, agradeço o envio de bibliografias publicadas de sua autoria, as quais contribuíram muito para realização desta pesquisa. Muitíssimo Obrigada.

À Maria Lúcia Absy do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Coordenação de Pesquisas em Botânica, agradeço o envio de publicações de sua autoria, que fizeram parte da realização desta pesquisa. Muitíssimo Obrigada.

Ao Serviço Geológico do Brasil - CPRM/Porto Velho, agradeço à chefe da residência, Helena da Costa Bezerra; Coordenador Executivo - COEX Luiz Gilberto Dall'Igna; Assistente de Relações Institucionais e Desenvolvimento – DRI Marcos Luiz do E. Santos Quadros e o Geólogo Luis Carlos Melo Palmeira, obrigada pela receptividade, bem como pela cedência da utilização do microscópio petrográfico, no qual foram examinadas as seções delgadas com auxílio do mesmo, sob orientação do Professor Dr. Vanderlei Maniesi. Obrigada pela gentileza.

À Bibliotecária Terezinha de Jesus Foro, do Serviço Geológico do Brasil - CPRM/Porto Velho, agradeço pela paciência nas buscas de diversos materiais que utilizei e às vezes pela demora na devolução dos mesmos. Obrigada pela graciosa gentileza.

Agradeço à Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Ensino Superior - CAPES, pela atribuição da Bolsa de Mestrado, que possibilitou a realização desta pesquisa. Vale Muito!

À Universidade Federal de Rondônia – UNIR, obrigada pela implantação do Programa de Pós-Graduação atuante na instituição e por ter uma equipe de docentes que muito contribuem para a realização da pesquisa científica, pelo espaço físico, foram momentos de muita aprendizagem. Obrigada.

RESUMO

Os materiais lateríticos que ocorrem entre Porto Velho e Morrinhos foram estudados visando a compreensão de sua natureza, relações com a evolução morfológica da área e sua utilização como matéria prima para construção civil. Os dados foram obtidos com fotointerpretação, trabalhos de campo e análises granulométricas, mineralógicas e petrográficas. São materiais lateríticos ferruginosos e imaturos expondo-se em perfis incompletos. Como perfil estratigráfico esquemático regional de diferenciação supergênica é possível distinguir, do topo para base, o horizonte ferruginoso com suas zonas coesa e incoesa, bem como o horizonte argiloso com suas zonas argilosa vermelha e mosqueada. Quando coesos, configuram lateritos ricos em vênulas, poros, paleocondutos de raízes e pisólitos, com uma matriz microcristalina de hematita e goethita (> 95%) e traços de quartzo, plagioclásio e microclínio representantes de minerais reliquiares graníticos. A zona incoesa possui materiais predominando as frações seixo, grânulo e areia (~ 87%), envoltos em uma matriz argilosa (~ 13%). Os grãos com diâmetros maiores que 0,062 mm dos materiais da zona incoesa e do horizonte argiloso exibem uma tendência de enriquecimento de quartzo nas granulações mais finas, exceto nos tipos argilosos mosqueados. Seus perfis incompletos mostram importante influência na interpretação da gênese da paisagem geomorfológica, configurando relevos jovens colinosos e platôs para as exposições de laterito da zona coesa e deprimidos para as exposições de materiais da zona incoesa e do horizonte argiloso. Há evidências de atuação da neotectônica quaternária com anomalia localizada de relevo na zona coesa, em função de seu atual posicionamento em partes baixas da paisagem, junto ao nível de base, e por serem gerados como capeamento de cimeira. Em função da localização na área de expansão urbana de Porto Velho, os materiais lateríticos são de significativa importância na construção civil como materiais coesos (laterito), necessitando de britagem, e como materiais desagregados (zona incoesa). São de utilização imediata como material para pavimento de estradas e base e sub base de estrutura asfáltica. Os materiais argilosos principalmente da zona mosqueada que apresentam teores de argila superiores a 70%, são substâncias com potencial para serem empregadas como matéria prima de cerâmica, como telhas e tijolos.

Palavras-chave: Geomorfologia; Laterito Imaturo; Morfoescultura.

ABSTRACT

The lateritic materials that occur between Porto Velho and Morrinhos were studied in order to understand its nature, relations with the morphological evolution of the area and its use as raw material for construction. Data were obtained with photointerpretation, field work and grain size analysis, mineralogical and petrographic. Lateritic ferruginous materials are immature and exposing himself to incomplete profiles. Schematic stratigraphic profile as regional differentiation supergene is possible to distinguish, from top to base, the ferruginous horizon with their cohesive and incohesive areas, as well as clay horizon with its red and mottled clay zones. When cohesive, shape laterites rich in small blood vessels, pores, roots and paleocondutes pisolite, with a matrix of microcrystalline hematite and goethite (> 95%) and traces of quartz, plagioclase and microcline granite representatives of relict minerals. The area has incohesive materials predominantly pebble fractions, granules and sand (~ 87%), wrapped in a clay matrix (~ 13%). Grains with diameters larger than 0,062 mm of local stone and clay horizon incohesive exhibit a tendency to enrichment of quartz in the finer grits, except in the mottled clay types. Their profiles show significant influence on the incomplete interpretation of the genesis of geomorphological landscape, forming hills and plateaus young reliefs for treatment of laterite cohesive zone and depressed for treatment incohesive local stone and clay horizon. There is evidence of neotectonic activity of quaternary anomaly located prominently in cohesive zone, due to his current position in the lower parts of the landscape, with the base level, and because they are generated as a capstone to the summit. Depending on the location of urban expansion in the area of Porto Velho, the lateritic materials are of significant importance in construction as cohesive materials (laterite), requiring crushing and materials such as broken (incohesive zone). Are of immediate use as coarse material for pavement and road base and sub base asphalt structure. The clay materials mainly from the mottled clay which have more than 70%, are substances with the potential to be used as raw material for ceramics such as tiles and bricks.

Keywords: Geomorphology; Immature Laterite; Morpho-sculpture.

SUMÁRIO

	pág.
1. INTRODUÇÃO	15
1.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E VIAS DE ACESSO	16
1.2. OBJETIVOS	16
2. REFERENCIAL TEÓRICO.	18
2.1. GÊNESE E EVOLUÇÃO DE PERFIS LATERÍTICOS AMAZÔNICOS	18
2.2. IMPORTÂNCIA DE MATERIAIS LATERÍTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	21
2.3. MEIO FÍSICO DA ÁREA PORTO VELHO/MORRINHOS E SEU CONTEXTO REGIONAL	23
2.3.1. Geologia	23
2.3.2. Geomorfologia.	26
2.3.3. Solos	29
2.3.4. Vegetação.	31
2.3.5. Recursos hídricos superficiais.	33
2.3.6. Clima.	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS.	35
3.1. PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO	35
3.2. SEGUNDA ETAPA: TRABALHOS DE CAMPO	35
3.3. TERCEIRA ETAPA: TRABALHOS DE ESCRITÓRIO	36
3.4. QUARTA ETAPA: TRABALHOS NO LABORATÓRIO	36
3.4.1. Análises granulométricas	36
3.4.2. Análises mineralógicas.	38
3.4.3. Análises petrográficas	38
4. RESULTADOS OBTIDOS	39
4.1. ATIVIDADES DE CAMPO	39
4.1.1. Roteiro Porto Velho – Morrinhos	39
4.1.2. Roteiro cidade de Porto Velho e seu entorno.	45
4.2. ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS E MINERALÓGICAS	55
4.3. CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO DOS PERFIS LATERÍTICOS DA ÁREA DE ESTUDO.	61

5. OS PERFIS LATERÍTICOS DA ÁREA DE ESTUDO E SUAS RELAÇÕES COM O MODELADO ATUAL	67
6. OS MATERIAIS LATERÍTICOS DA ÁREA DE ESTUDO E SUA IMPORTÂNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	70
CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	75

LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Localização da área de estudo e vias de acesso	17
Figura 2. Mapa geológico da área de estudo	25
Figura 3. Mapa geomorfológico da área de estudo	28
Figura 4. Mapa de solos da área de estudo	30
Figura 5. Mapa de vegetação da área de estudo	32
Figura 6. Fluxograma das análises granulométricas e mineralógicas realizadas nas amostras de materiais lateríticos do horizonte ferruginoso, zona incoesa e do horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha e mosqueada.	37
Figura 7. Exploração de material laterítico do horizonte ferruginoso, zona coesa. Ponto LA-1.	40
Figura 8. Horizonte ferruginoso, zona coesa em fase de desagregação. Ao fundo uma superfície aplanada. Ponto LA-2.	41
Figura 9. Depósito de colúvio, sobreposto ao horizonte argiloso, zona mosqueada de um perfil laterítico. Ponto LA-3.	43
Figura 10. Horizonte argiloso, zona mosqueada. Ponto LA-3.	44
Figura 11. Feições retilinizadas do horizonte argiloso, zona mosqueada. Ponto LA-3	44
Figura 12. Horizonte argiloso, zona mosqueada. Ponto LA-5	46
Figura 13. Muro de proteção do corte lateral da rodovia BR-364 no perfil laterítico zona mosqueada. Ponto LA-5	47
Figura 14. Horizonte ferruginoso, zonas coesa e incoesa. Ponto LA-6	48
Figura 15. Horizonte ferruginoso, zona incoesa do ponto LA-7	49
Figura 16. Exploração da jazida de material laterítico, horizonte ferruginoso, zona incoesa do ponto LA-7	50
Figura 17. Desenvolvimento de termiteiros sobre superfície laterítica. Ponto LA-7 .	50
Figura 18. Intensa exploração do material laterítico da zona incoesa, horizonte ferruginoso. Ponto LA-8	51

Figura 19.	Perfil laterítico junto ao rio Madeira, incluindo horizonte ferruginoso, zona coesa, com cobertura de depósito aluvial, e o horizonte argiloso, zona argilosa vermelha (Ponto LA-9).	53
Figura 20.	Zona argilosa vermelha com presença de níveis de caulinita (branca) e manganês (preta). Ponto LA-9	54
Figura 21.	Distribuição granulométrica e mineralógica no horizonte ferruginoso, zona incoesa (amostras LA-7 e LA-8), e horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha (amostra LA-9A) e mosqueada (amostra LA-5). . . .	56
Figura 22.	Distribuição em porcentagem em peso dos grãos nas frações seixo (64 a 4 mm), grânulo (4 a 2 mm) e areia (2 a 0,062 mm) para os materiais lateríticos da área de estudo. Amostras: LA-7, LA-8, LA-9A, LA-5 . .	57
Figura 23.	Cavidade de dissolução de quartzo em fragmento de laterito do horizonte ferruginoso, zona incoesa (Amostra LA-8)	57
Figura 24.	Distribuição em porcentagem em volume dos grãos de laterito nas frações seixo (64 a 4 mm), grânulo (4 a 2 mm) e areia (2 a 0,062 mm) para os materiais lateríticos da área de estudo. Amostras: LA-7, LA-8, LA-9A, LA-5.	60
Figura 25.	Distribuição em porcentagem em volume dos grãos de quartzo nas frações seixo (64 a 4 mm), grânulo (4 a 2 mm) e areia (2 a 0,062 mm) para materiais lateríticos da área de estudo. Amostras: LA-7, LA-8, LA-9A, LA-5	60
Figura 26.	Perfil estratigráfico esquemático das ocorrências de materiais lateríticos na área de estudo e distribuição mineralógica no intervalo granulométrico entre 64 e 0,062 mm.	62
Figura 27.	Laterito poroso apresentando resíduos de plagioclásio e microclínio e vênulas preenchidas por quartzo. Amostra LA- 2A, nicois cruzados . .	63
Figura 28	Laterito com estruturas concêntricas, pontuações de quartzo arredondadas corroídas e poros no laterito da amostra LA-2B. Nicois cruzados . . .	64
Figura 29	Laterito exibindo vênulas preenchidas por quartzo e pisólito com plagioclásio residual. Amostra LA-8, nicois cruzados.	64
Figura 30.	Perfil laterítico junto ao rio Madeira, incluindo horizonte ferruginoso, zona coesa, com cobertura de depósito aluvial, e o horizonte argiloso, zona argilosa vermelha (Ponto LA-9).	69
Figura 31.	Lavra de material incoeso laterítico, atualmente sendo utilizado como material de sub base para a BR-319. Detalhe em (A) dos grãos arredondados da fração grânulo (4 a 2 mm), e em (B) o enriquecimento em quartzo na fração areia muito fina (0,115 a 0,07 mm).	72

LISTA DE TABELAS

	pág.
Tabela 1. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-7 do horizonte ferruginoso, zona incoesa..	58
Tabela 2. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-8, horizonte ferruginoso, zona incoesa	58
Tabela 3. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-9A, horizonte argiloso, zona argilosa vermelha..	59
Tabela 4. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-5, horizonte argiloso, zona mosqueada	59

INTRODUÇÃO

A existência de material ferruginoso na área urbana de Porto Velho e em suas proximidades ainda não mereceu estudos mais detalhados, tendo o tema passado de modo despercebido, embora tenha sido primeiramente abordado por Guerra (1953) sob o ponto de vista de sua influência na composição da paisagem e também da utilização do solo associado para agricultura. Menciona o autor a ocorrência da rocha neo-formada compacta nas margens do igarapé dos Tanques e que os níveis mais altos de Porto Velho devem-se ao capeamento em grandes trechos de uma espessa crosta de laterito, e nas porções mais baixas da cidade a ocorrência de pequenos blocos e lateritas nodulares.

Recentemente em Rondônia tem-se referido o material laterítico como crostas ferruginosas dispostas em perfis incompletos comumente encontrados parcial ou totalmente desmantelados (ADAMY & ROMANINI, 1990; RIZZOTTO & OLIVEIRA, 2005; QUADROS & RIZZOTTO, 2007). São coberturas que representam o contexto regional laterítico amazônico atribuídas ao Terciário e Quaternário, sendo que Figueiredo et al. (1974) sugerem que esses depósitos sejam pleistocênicos e os correlacionam com a Formação Pantanal, no Mato Grosso.

Os perfis lateríticos começaram a atrair a atenção dos pesquisadores pela sua origem, evolução e metalogenia (COSTA, 1985), e pela sua utilização, no caso de Porto Velho, em obras civis, em revestimento de estradas, na infra-estrutura e na construção de habitações, conhecidos popularmente como piçarra, pedra jacaré e cascalho, muito embora em alguns casos seja constatada uma elevada coesão do material, sendo necessária a britagem, como menciona Guimarães (2009).

Na área entre a cidade de Porto Velho e Morrinhos podem ser observadas expressivas extensões deste material residual, delineando uma paisagem com a presença de morros residuais de lateritos, representante da paisagem regional peculiar. Do ponto de vista geomorfológico, os materiais lateríticos constituem importantes indicativos de evolução da paisagem, por representarem paleosuperfícies drenadas e aflorantes, distribuindo-se verticalmente de maneira variada em perfis ora completos, inclusive com a identificação da rocha-mãe, ora incompletos com afloramentos de partes do perfil evolutivo. As mais distintas formas de relevo e sua disposição relacionam-se à zona do perfil laterítico aflorante, em função de sua resistência a processos intempéricos atuais.

1.1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO E VIAS DE ACESSO

A área de estudo localiza-se no município de Porto Velho, incluindo a área urbana e o entorno da Capital até a Vila de Morrinhos (Figura 1).

O acesso à área pode ser realizado pela BR-364, partindo-se da cidade de Porto Velho em direção ao Estado do Acre. Em geral, este trecho apresenta-se em boas condições de trafegabilidade ao longo de todo o ano. Ramais secundários, vicinais e caminhos recortam com relativa abundância a área de estudo, evidenciando-se, no entanto, dificuldades crescentes para sua utilização no período das chuvas, restringindo parcialmente o acesso aos locais mais afastados ou precários.

1.2. OBJETIVOS

Objetivo Geral

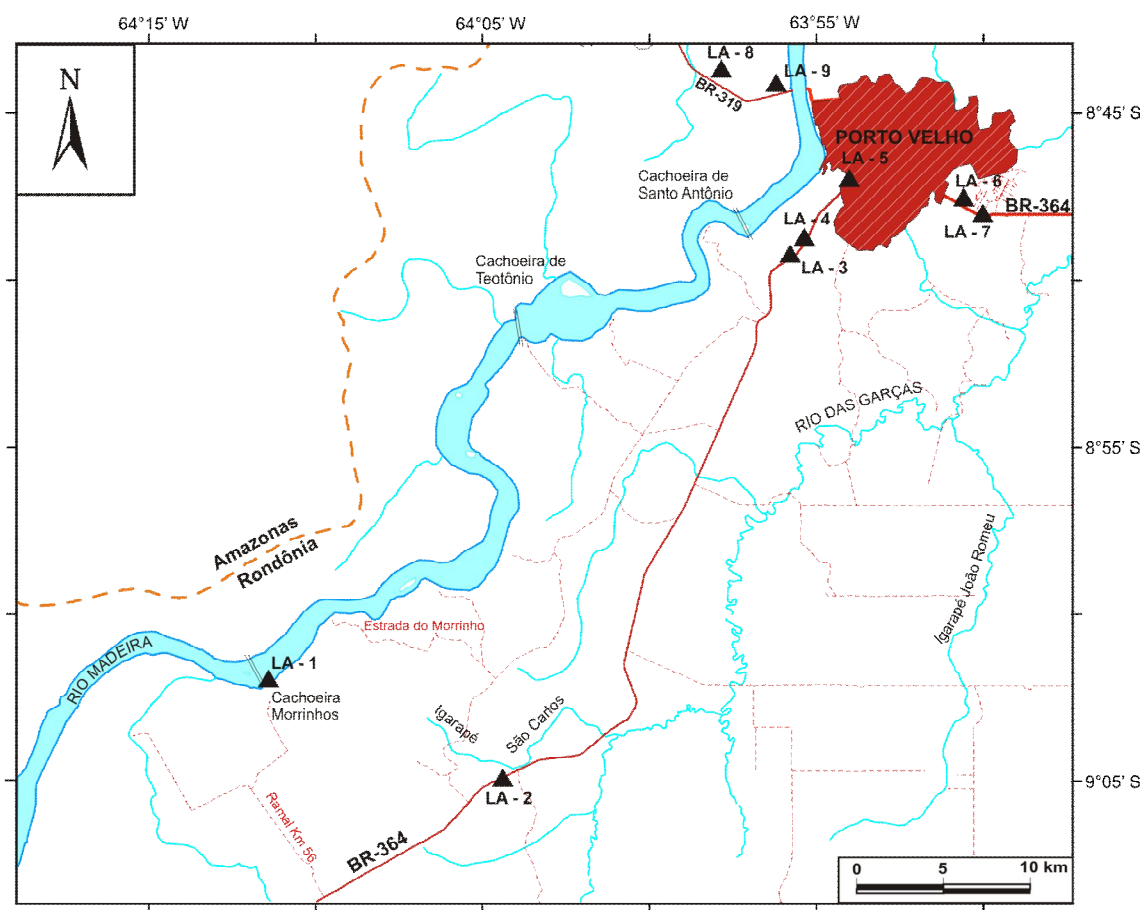
- Compreender a natureza do material laterítico e distribuição na cidade de Porto Velho e seu entorno, e entre Porto Velho e Morrinhos com vistas a interpretações quanto à evolução geomorfológica e sua utilização como material para construção civil.

Objetivos Específicos

- Caracterizar a granulometria e mineralogia das diferentes feições lateríticas, fornecendo subsídios para elucidar mecanismos envolvidos na gênese e evolução geomorfológica da paisagem envolvendo esses materiais.

- Correlacionar os corpos lateríticos com morfologia local e regional, observando-se a morfoescultura das partes dos perfis lateríticos aflorantes.

- Avaliar o potencial dos materiais lateríticos disponíveis na área de estudo com relação a suas aplicações na construção civil.



LEGENDA

Convenções Cartográficas

-  Rodovia pavimentada federal
-  Rodovia municipal não pavimentada
-  Hidrografia
-  Cachoeira
-  Limite estadual
-  Área urbana
-  Pontos descritos e amostrados

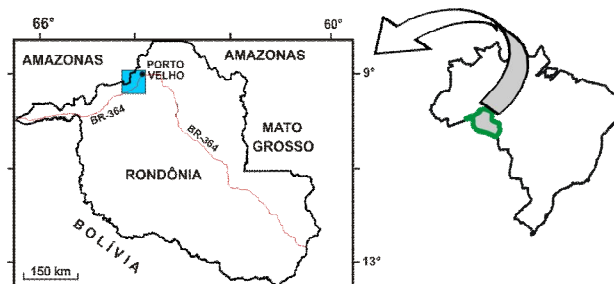


Figura 1. Localização da área de estudo e vias de acesso.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. GÊNESE E EVOLUÇÃO DE PERFIS LATERÍTICOS AMAZÔNICOS

Com os trabalhos de Costa (1985; 1990a; 1990b; 1991) e Costa et al. (1985) desenvolvidos na Amazônia, principalmente no Estado do Pará, o tema materiais lateríticos passou a ter um entendimento genético-evolutivo, envolvendo horizontes encontrados nos perfis de diferenciação supergênica. Com a necessidade de um melhor aproveitamento econômico deste material, principalmente no revestimento de vias de acesso, tanto na área urbana como na zona rural, estas coberturas lateríticas começaram a ser objeto de estudos mais amplos, avançando-se igualmente na identificação dos minerais componentes e a consequente potencialidade metalogenética.

Em Rondônia, perfis lateríticos imaturos são descritos em vários locais por Costa, (1985; 1990a; 1990b; 1991), enfatizando a importância geológica deste material. Mais especificamente no Município de Porto Velho, tem sido abordado por Adamy & Romanini (1990), Dantas & Adamy (2005), Rizzotto & Oliveira (2005) e Oliveira & Costa (2006), como um mosaico de coberturas lateríticas pouco evoluídas, associado a basaltos, gnaisses e granitos com distribuição corresponde a cerca de 40% da Folha de Porto Velho.

O desenvolvimento do perfil laterítico com diferenciação em horizontes exige a mudança do clima tropical para clima semi árido com vegetação de savana em zona tropical. As novas condições favorecem o acúmulo de ferro, a desidratação e a formação de crostas. A mudança de clima deve acontecer várias vezes, representando vários ciclos. O clima semi árido com vegetação de savana caracteriza-se por baixa amplitude térmica, prolongando-se o período seco, menor porte de biomassa com evaporação e precipitação balanceadas e distribuídas alternadamente. Estas condições distanciam a ação química destrutiva da massa tropical e favorecem o alcance do equilíbrio químico dentro do perfil, podendo ocorrer, também, ações intempéricas que levam à destruição física dentro do perfil (COSTA, 1990a).

O perfil laterítico resulta de intenso intemperismo de rochas subaéreas, fazendo com que os teores de ferro e alumínio sejam caracteristicamente mais elevados e os de silício, potássio e magnésio mais baixos do que aqueles verificados na rocha-mãe caulinizada. Podem ser compactos, maciços, coesos e não-coesos, terrosos ou argilosos, com coloração variando de vermelho, violeta, amarelo, marrom até o branco. Em geral, a composição mineralógica está constituída por óxido e hidróxido de ferro (goethita e hematita), de alumínio (gibbsita e

boehmita) e de manganês (litioforita, todorokita), bem como argilo-minerais (caulinita e esmectita). A textura, estrutura, mineralogia, composição química e coloração dos lateritos variam amplamente em seção vertical, dando origem a uma sucessão de corpos lateríticos, que podem se apresentar estruturados em horizontes sub-horizontais e compondo os já classicamente conhecidos perfis lateríticos (COSTA, 1990a; 1991).

Os materiais lateríticos podem ser classificados segundo seu nível de evolução temporal, dividindo-se em maduros ou evoluídos e imaturos ou parcialmente evoluídos. Conceitualmente os lateritos maduros são temporalmente mais antigos e formados durante um longo tempo, se expressando geomorfologicamente em forma de platôs, enquanto os imaturos podem ser antigos, onde sua evolução foi truncada, ou então jovens sem tempo suficiente para evoluir, constituindo um relevo normalmente rebaixado e ligeiramente ondulado, caracteristicamente com uma maior distribuição geográfica (COSTA, 1990a; 1990b).

Costa (1990b; 2004) têm classificado os materiais lateríticos maduros e imaturos em autóctones ou alóctones. A identificação da natureza autóctone ou alóctone é feita com base na sucessão dos horizontes e nas respectivas texturas e estruturas. Os lateritos alóctones, conhecidos também por “linhas de pedra e/ou paleopavimentos”, são resultantes da erosão de corpos lateríticos aflorantes, devido ao intemperismo químico seguido de erosão, enquanto os maduros autóctones são corpos isolados (COSTA, 1991).

As linhas de pedras constituem paleopavimentos detríticos encontrados em subsuperfície seguindo a morfologia local, ou seja, podem estar intercaladas nas seqüências de colúvios ou no contato entre elúvio e colúvio (BIGARELLA et al., 1994). Algumas possuem espessuras expressivas em forma de superfície onduladas, constituindo verdadeiras cascalheiras, enquanto que outras são pouco representativas, com pequenas concreções de seixos de extensão pouco representativa.

Os lateritos maduros, mais antigos, indicam que a lateritização na Amazônia iniciou no mínimo no Terciário Inferior (Paleoceno-Eoceno-Oligoceno), ou mesmo no Cretáceo Superior até o Mioceno, com uma retomada no limiar do Plio-Pleistoceno, com a formação apenas de lateritos imaturos, como evidencia Costa (1990b).

Após a sedimentação pós-miocênica e também durante e após a sedimentação plio-pleistocênica, novas condições lateritizantes se instalaram em quase toda a Amazônia, mais drasticamente sobre estes sedimentos e em áreas expostas há mais tempo, como os antigos perfis lateríticos e as litologias mais antigas (pré-miocênica) expostas pelos processos erosivos, por eventos de inter-lateritização. Com isso, se formaram os lateritos imaturos e

pouco evoluídos. As reconstituições paleoclimáticas e paleobotânicas comprovam as condições fundamentais para a formação de perfis lateríticos. Embora com tempo de formação menor, foi suficiente pela alternância de condições de floresta tropical com savanas, onde as linhas de pedras são os registros complementares. Atualmente o intemperismo químico-biológico, do qual faz parte a densa cobertura vegetal, é desfavorável para os lateritos pré-existentes maduros e imaturos, transformando-os com as demais rochas em latossolos (COSTA, 1990b).

A lateritização atingiu toda a Amazônia em dois grandes eventos (COSTA, 1990a, 1990b): Paleoceno-Oligoceno, o principal e mais extensivo e Mioceno-Pleistoceno, com retomada incipiente no Holoceno.

Ao longo do Mioceno superior ao Plioceno, a extensiva superfície laterítica sobre os crátons foi palco de intensa atividade erosiva, propiciada pelo soerguimento neotectônica Costa (1990a, 1990b) e Hasui (1990), esculpindo platôs, serras, morros e vales, além de contribuir para a formação de sedimentos e solos transportados. Portanto, as regiões cratônicas já eram formadas por paisagem em geral de maior altitude, com platôs capeados por espessos materiais lateríticos; encostas com material rochoso; vales com muitos colúvios e alúvios; planícies rebaixadas pela erosão, com morros e rochas, que se configura atualmente.

O Pleistoceno iniciou com mudanças climáticas globais. Durante as glaciações, além de baixa temperatura, ocorreu um rebaixamento do nível do mar durante as fases de expansão glacial relativas às fases interglaciais. Oscilações entre climas mais quentes e mais frios também ocorreram, correspondendo com os ciclos de alternância das fases glaciais e interglaciais. A última fase interglacial ocorreu há cerca de 120.000 anos antes do presente e foi seguida por uma fase glacial de intensidades variáveis que terminou há 10 mil anos antes do presente, quando iniciou a atual fase interglacial e a mais recente época do Quaternário, o Holoceno (ABSY & SILVA, 2009).

Pesquisas palinológicas das extremidades sul e sudeste da Amazônia, atualmente coberta por floresta (Rondônia e Carajás, respectivamente), revelaram mudanças na vegetação dessas áreas. Durante o Pleistoceno Tardio, a vegetação de savana foi substituída pela floresta tropical úmida (ABSY et al., 1991; SIFEDDINE et al., 1994; VAN DER HAMMEN & ABSY, 1994).

Entre 9 mil e 3 mil anos antes do presente a vegetação de savana expandiu-se às custas de florestas na área entre Humaitá e Porto Velho (FREITAS et al., 2001). Os principais

períodos climáticos descritos por datação de carbono foram a presença de um período climático mais seco do que o atual desde o final do Pleistoceno até o Holoceno médio. Posteriormente observou-se o predomínio de vegetação (floresta) que se mantém no presente, provavelmente devido ao retorno de um período mais úmido.

2.2. IMPORTÂNCIA DE MATERIAIS LATERÍTICOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Há pouco mais de dois séculos, mais precisamente no ano de 1807, nas regiões montanhosas da costa do Malabar, no sul da Índia, o geógrafo inglês Buchanam, utilizou o termo em inglês *Laterite* para designar ao termo do latim *Later*, que significa tijolo, para englobar material argiloso sem estratificação, que possuía quantidade de ferro em forma de óxidos e hidróxidos, de coloração amarelada a avermelhada, mas que em contato com o ar sofria um notável endurecimento de maneira irreversível, ou seja, produzindo excelente material para construção (COSTA, 1990b).

As ocorrências de materiais lateríticos começaram a atrair a atenção dos pesquisadores nacionais e estrangeiros pela sua origem, evolução e metalogenia (COSTA, 1985). Vêm sendo empregados na construção de palácios, igrejas, pontes, fortes, tendo como exemplo a igreja de Santo Alexandre em Belém-PA que tem suas sólidas paredes de quase 1 metro de espessura com quase 300 anos de construção, formada de fragmentos de crostas ferruginosas encontradas na região. O Forte do Castelo, berço da cidade de Belém construído em 1616, ao lado do qual está a Igreja de Santo Alexandre, foi estabelecido sobre um perfil laterítico imaturo. Os lateritos continuam até hoje sendo utilizados como materiais para construções de obras civis no Brasil, na Austrália e em países da África, também como agregados de asfalto, principalmente no estado do Acre, onde há uma indisponibilidade de brita a custo acessível (COSTA, 2007).

Os lateritos conhecidos no meio da pavimentação rodoviária são designados popularmente na região de piçarras, pedra jacaré, cangas e cascalho, constituindo-se materiais desagregados e de extração fácil, com aplicação imediata na construção civil, sobretudo nas proximidades de centros urbanos. São utilizados em revestimentos de estradas em camadas de reforço, sub-base, base e revestimentos primários construção de aterros, bem como em pequenas barragens, revestimentos de muros e paredes como fachadas de residências (CORREIRA FILHO, 1997).

A exploração desse material residual é a céu aberto e geralmente está alojada sobre relevo suavemente ondulado que constitui uma extensa superfície aplanada. Esse tipo de exploração em materiais cascalhíferos tem como conseqüências, impactos visuais representados por paisagens “lunares”, cicatrizes, com grandes crateras, tornando-se locais de possíveis acidentes, ocorrências de vetores endêmicos e contaminação das águas subterrâneas (RODRIGUES et al., 2005).

2.3. O MEIO FÍSICO DA ÁREA DE ESTUDO E SEU CONTEXTO REGIONAL

2.3.1. Geologia

O contexto geológico regional da área de estudo (Figura 2) está constituído predominantemente por materiais cenozóicos pertencentes às unidades estratigráficas Cobertura Sedimentar Indiferenciada, Cobertura Detrito-Laterítica, Formação Rio Madeira, Terraços Fluviais e Depósitos Aluvionares. Rochas graníticas neoproterozóicas são representadas pela Suíte Intrusiva Rondônia e as mesoproterozóicas pelas Suítes Intrusivas Serra da Providência, Santo Antônio e Teotônio (QUADROS & RIZZOTTO, 2007).

Os **Depósitos Aluvionares** compreendem os sedimentos inconsolidados nos leitos e margens dos canais fluviais atuais, caracterizados notadamente na calha do rio Madeira, além de depósitos de menor envergadura nos seus afluentes maiores. No rio Madeira são destacados por estarem associados à formação de ilhas e barras arenosas em locais favoráveis a sua deposição. Em canais, são compostos por areias grossas e cascalhos de granulometria variável. Considerando a sazonalidade das estações, verifica-se que no período das cheias, ocorre extensa sedimentação nas planícies de inundação, constituídos por siltes e argilas, além das areias silto-argilosas nos diques marginais.

Os **Depósitos Lacustres** são constituídos por sedimentos recentes de origem flúvio-lacustre, com predominância de argilas, siltes, areias cinza-escuros e com presença de matéria orgânica. Os sítios mais favoráveis a esta deposição situam-se nos meandros abandonados.

A **Cobertura Sedimentar Indiferenciada** que predomina regionalmente é caracterizada por depósitos de areia, silte, argila ou cascalho, restos de materiais lateríticos (horizontes mosqueado e argiloso), além de restos de crosta laterítica ferruginosa; ocorrem também sedimentos aluvionares, coluvionares e eluvionares indiferenciados, recobertos por coberturas de solo indiscriminadas.

A **Cobertura Detrito-Laterítica** apresenta depósitos argilo-arenosos e siltico-arenosos, ricos em concreções ferruginosas; horizonte argiloso/mosqueado, crosta laterítica ferruginosa, concrecionária ou colunar, além de materiais coluvionares e eluvionares ricos em detritos lateríticos e fragmentos de quartzo.

A **Formação Rio Madeira** é representada por sedimentos conglomeráticos e arenosos de granulometria grossa, mal selecionados, estratificados, intensamente ferruginizados, além de argilas maciças a laminadas com restos de vegetais e fósseis vertebrados. Destaca-se

ocorrência de bancadas de arenitos ferruginizados e/ou manganésíferos denominados informalmente de “mucururus”, podendo conter partículas de ouro, aflorantes nos barrancos de rio e menos comumente em pequenas ilhotas no meio do rio.

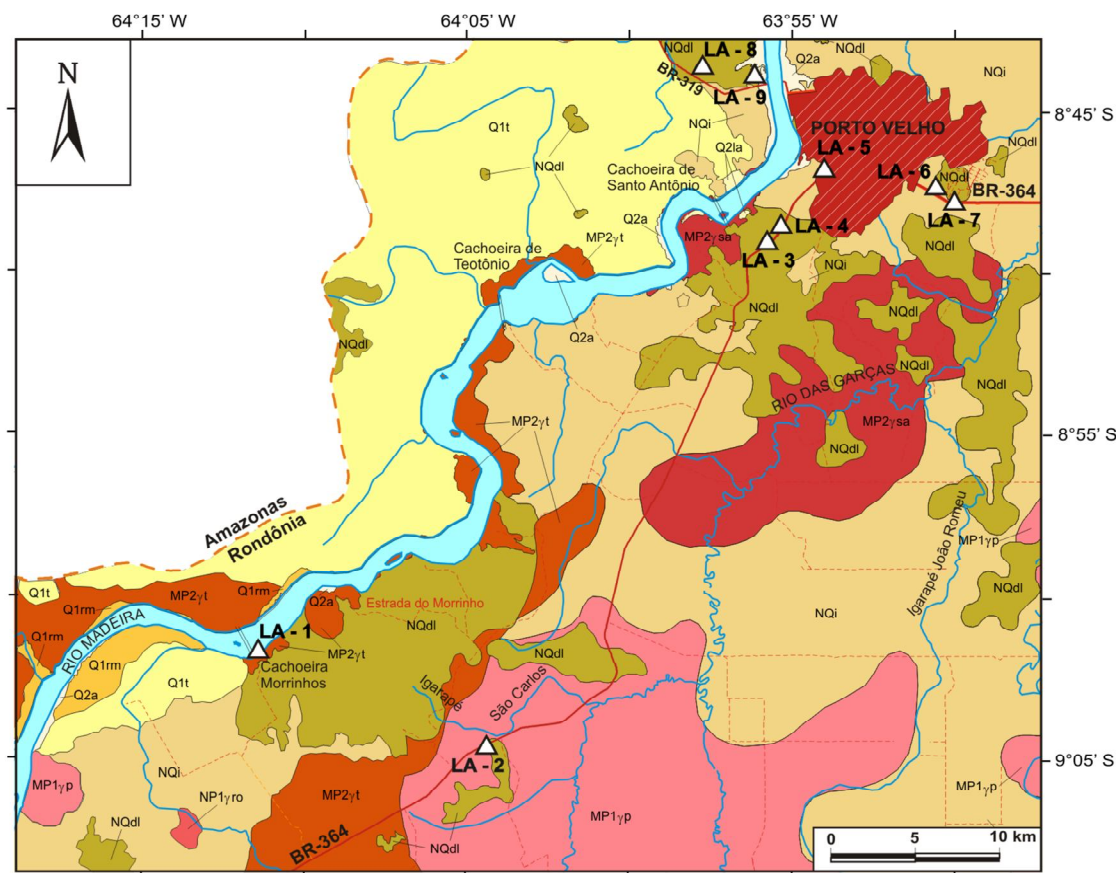
Em **Terraços Fluviais** encontram-se sedimentos arenosos e siltsos, cascalho inconsolidado, ferruginizados ou não, com níveis de matéria orgânica. Representam antigas planícies de inundação, estando posicionado acima do nível médio das águas dos rios.

A **Suíte Intrusiva Rondônia** é representada pelas **suítes intrusivas graníticas** com um relevo característico em forma de “meia laranja”. Compreendem dois tipos principais de rochas, isto é, subsolvus subalcalinas (sienogranitos equigranulares, monzogranitos porfiríticos e ortoclásio granitos) e hipersolvus alcalinas (ortoclásio sienitos, micro sienitos, ortoclásio microgranitos).

A **Suíte Intrusiva Teotônio** compreende as rochas do tipo granitóides que afloram ao longo das margens e canal do rio Madeira, sendo bem expressiva na Cachoeira do Teotônio, e sustentam uma topografia suave, denominada por terraços fluviais. Esta unidade é constituída por três tipos de rochas (microclínio granito, microclínio-quartzo sienito e sienogranito).

Por **Suíte Intrusiva Santo Antônio** são denominados os termos graníticos do tipo biotita monzogranito, sienogranito com textura rapakivi e anti-rapakivi, quartzo-monzonito, pegmatito e aplítico subordinados e diques de diabásio contemporâneo. Afloram de forma descontínua por estarem submetidos aos processos intempéricos, sendo mais visíveis na Cachoeira de Santo Antônio às margens do rio Madeira.

A **Suíte Intrusiva Serra da Providência** corresponde ao granito rapakivi (anfíbrito-biotita monzogranito, biotita sienogranito), charnockito, mangerito e rochas máficas associadas, com trama variando de isotrópica a foliada (foliação de fluxo magmático e milonítica).



LEGENDA

COLUNA ESTRATIGRÁFICA

Cenozóico/ Quaternário

- Q2a - Depósitos Aluvionares
- Q2la - Depósitos Lacustres
- NQi - Coberturas Sedimentares Indiferenciadas
- NQdl - Coberturas Detrito-Lateríticas
- Q1rm - Formação Rio Madeira
- Q1t - Terraços Fluviais

Neoproterozóico

- NP_{γ1} ro - Suíte Intrusiva Rondônia

Mesoproterozóico

- MP_{γ2} t - Suíte Intrusiva Teotônio
- MP_{γ2} sa - Suíte Intrusiva Santo Antônio
- MP_{γ1} p - Suíte Intrusiva Serra da Providência

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rodovia pavimentada federal
- Rodovia municipal não pavimentada
- Hidrografia
- Cachoeira
- Limite estadual
- Área urbana
- Pontos descritos e amostrados

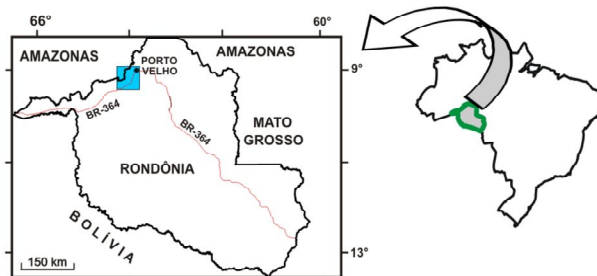


Figura 2. Mapa geológico da área de estudo (modificado de QUADROS & RIZZOTTO, 2007).

2.3.2. Geomorfologia

No entorno de Porto Velho e em direção a Morrinhos, as feições de relevo caracterizam-se basicamente por uma morfologia arrasada, contemplando as planícies de inundação dos rios maiores como o Madeira e o Jaci-Paraná, as superfícies de aplanamento em vários níveis, colinas e morros baixos residuais, que podem exibir topo aplanado ou aguçado. Portanto, está constituído por uma morfoescultura heterogênea, com desníveis inferiores a 100 metros.

Na área de estudo, a unidade geomorfológica predominante foi denominada de Superfície de Aplanamento (RONDÔNIA, 1999), estabelecida em diferentes cotas e com características específicas (Figura 3).

Unidades Morfológicas

Planícies Aluviais e Depressões: Terraços Fluviais

Os terraços fluviais compreendem terrenos de paleo-planícies de inundação que se encontram em um nível mais elevado que das várzeas atuais, e acima do nível das cheias sazonais. Constituem terrenos planos e dissecados, alçados entre 15 a 20 metros acima das planícies fluviais. Origina um relevo composto por antigas planícies aluviais elaboradas por um rio meandrante, associado a terrenos de baixa declividade em seu perfil longitudinal. Na área de estudo destacam-se dois tipos de terraços (RONDÔNIA, 1999), assim identificados:

- **Terraços Altos não Dissecados:** compreendem áreas situadas acima das planícies fluviais, alojadas em terrenos planos e sem dissecção. Associam-se à rede de drenagem atual e subatual, geralmente inundável no período invernos. Desenvolvem-se sobre sedimentos inconsolidados, onde o material superficial é de textura argilosa.

- **Terraços Baixos com presença de Leitos Abandonados e Pântanos:** caracterizados geralmente por um padrão de áreas marginais às planícies de inundação dos rios, com presença de meandros abandonados, ocorrendo sazonalmente processo de alagamento. O sedimento é franco-argiloso, ocorrendo horizontes orgânicos em superfície.

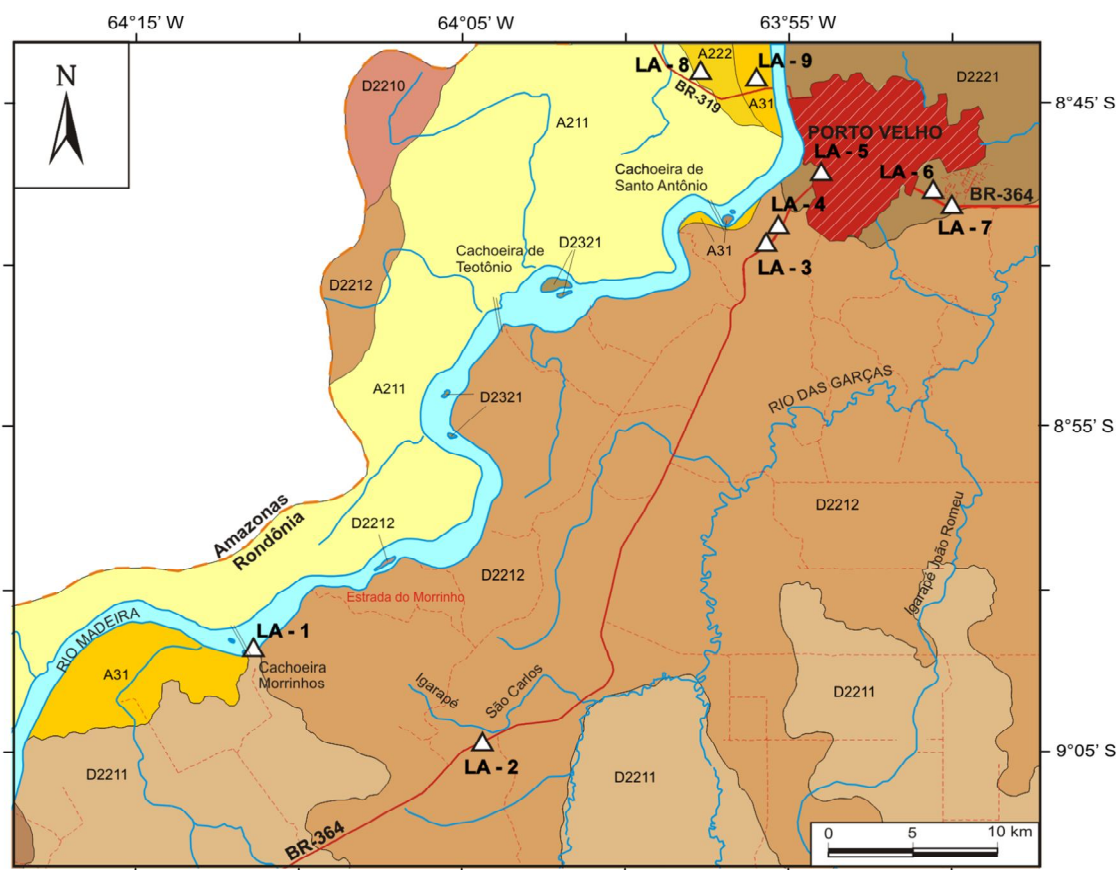
Planícies Aluviais

Correspondem as áreas marginais aos atuais cursos d'água e podem sofrer inundações anualmente nos períodos invernosos. Consiste-se de uma subunidade principal: rios principais. Como **rios principais** são descritas as unidades de relevo encontradas nas planícies inundáveis e vales dos rios principais, distribuídas como estreitas faixas e ainda como ilhas ao longo do rio de maior porte da região - rio Madeira. As planícies fluviais são terrenos planos, compreendendo a planície de inundação associados aos terrenos alagadiços e pântanos. A unidade é constituída por sedimentos aluviais inconsolidados, representando os aluviões atuais.

Unidades Denudacionais: Superfície de Aplanamento

Esta unidade geomorfológica compreende antigas superfícies de aplanamento regional. Compreendem as formas de relevo elaboradas por processos de denudação (intemperismo e erosão) que são responsáveis pelo rebaixamento progressivo das formas de relevo. Esta superfície corresponde a áreas de erosão atual e subatual elaboradas na região sobre litologias sedimentares indiferenciadas (Quaternário – Neogênico). De acordo com o relatório geomorfológico (RONDÔNIA, 1999) define-as como Planalto Rebaixado da Amazônia (Ocidental) e descrevem-as como “Extensa área aplanada conservada”, cuja altimetria se situa entre 200 e 300 metros, com trechos de dissecação muito suave, originando interflúvios tabulares.

Foram mapeadas duas unidades diferenciadas entre si pela altimetria, as quais podem ser subdivididas pelo nível de dissecação (Figura 3). Uma delas, representada pela **Superfície de Aplanamento Nível II**, com altitudes entre 200 a 300 metros, pode apresentar distintos graus de dissecação (baixa, média e alta), caracterizando-se ainda pela presença ou não de esporádicos inselbergs, tors e hillocks residuais. A segunda unidade, definida como **Superfície de Aplanamento Nível III**, assemelha-se bastante à unidade anterior, diferenciando-se por estar situada em cotas inferiores a 200 metros.



LEGENDA

UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS

Terraços Fluviais

- A211- Terraços altos não dissecados.
- A222- Terraços baixos com leitos abandonados e pantanos.

Planícies Aluviais

- A31- Rios principais.

Unidades Denudacionais: Superfície de Aplanamento

- D2210- Superfície de Aplanamento de Nível II (200 m > altitude < 300 m). Relevo plano e couças ferruginosas.
- D2211- Superfície de Aplanamento de Nível II (200 m > altitude < 300 m). Dissecação baixa e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.
- D2212- Superfície de Aplanamento de Nível II (200 m > altitude < 300 m). Dissecação baixa; muitos tors e hillocks residuais.
- D2221 - Superfície de Aplanamento de Nível II (200 m > altitude < 300 m). Dissecação média e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.
- D2321- Superfície de Aplanamento de Nível III (200 m > Altitude < 300 m). Dissecação média e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors.

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rodovia pavimentada federal
- Rodovia municipal não pavimentada
- Hidrografia
- Cachoeira
- Limite estadual
- Área urbana
- Pontos descritos e amostrados

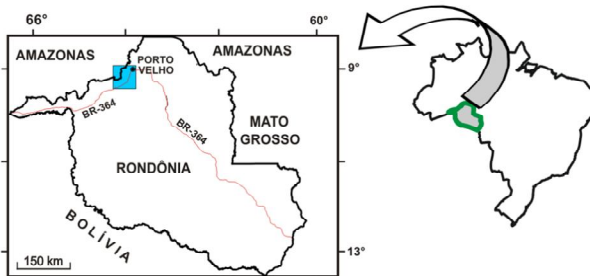


Figura 3. Mapa geomorfológico da área de estudo (modificado de RONDÔNIA, 1999).

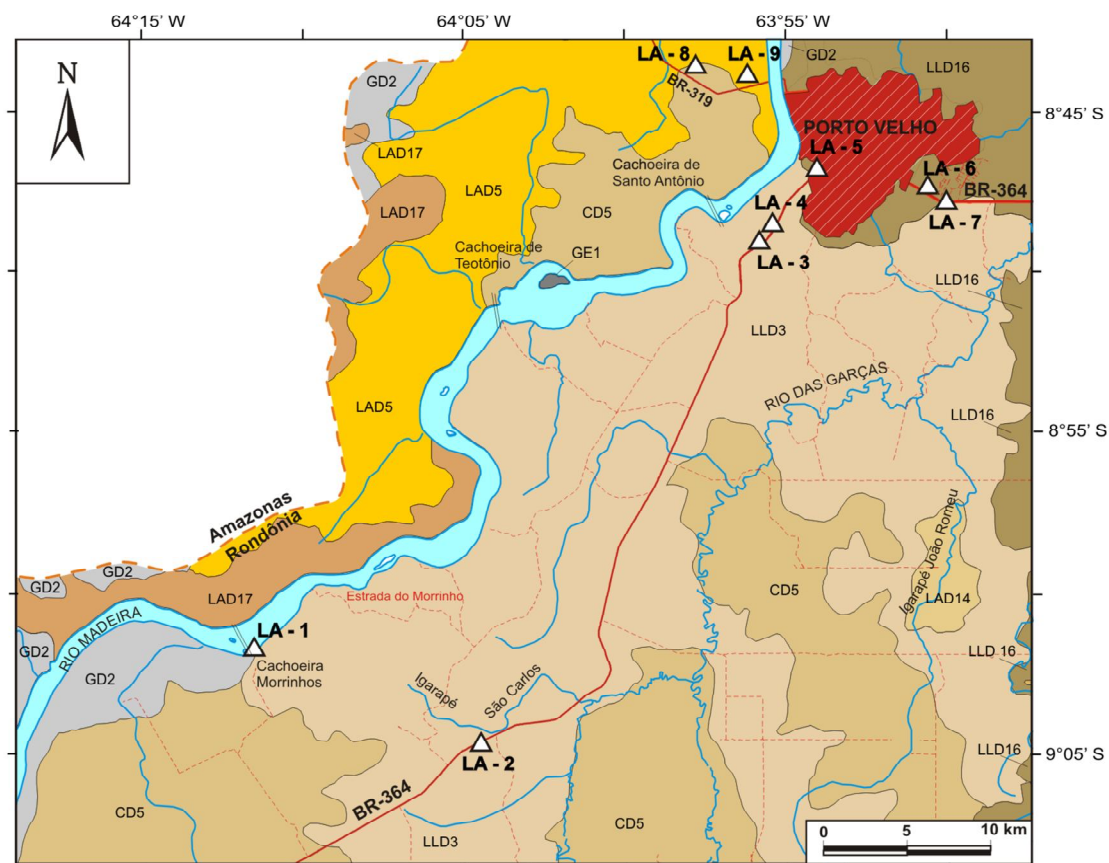
2.3.3. Solos

No presente estudo foram adotados os dados obtidos pelo Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia (RONDÔNIA, 1999), tendo sido consultado, ainda, o sistema brasileiro de classificação de solo da EMBRAPA (2006), o qual permitiu a indicação da classe de solo predominante na área de estudo (Figura 4), como segue:

Os **Latossolos** compreendem solos constituídos por materiais com o horizonte B latossólico, abaixo de qualquer outro tipo de horizonte diagnóstico superficial. É constituído essencialmente por minerais altamente intemperizados e, por conseguinte, a fração argila é de baixa atividade. São solos profundos e não raro o horizonte B latossólico ocorre com mais de 2 metros de espessura, sua textura varia de média a muito argilosa, e a drenagem acentuada a moderadamente drenada e de baixa fertilidade. Na paisagem regional estão distribuídos com morfoesculturas planas e suavemente onduladas (GUERRA & CUNHA, 2006). De acordo com RONDÔNIA (1999), os latossolos caracterizados na área de estudo são classificados em: **1. Latossolos Amarelo Distróficos** que compreende solo de coloração amarelada e baixo teor em ferro, bem drenado e variando de argiloso a arenoso, onde a fração de argila é constituída essencialmente de caulinita bem cristalizada e entre os óxidos de ferro é expressiva a predominância de goetita e **2. Latossolos Vermelho - Amarelos Distróficos** que apresenta-se com declividade de 0-2%, bem drenado e argiloso.

Os **Cambissolos** são constituídos por material com predomínio do horizonte B incipiente subjacente a qualquer tipo de horizonte superficial. Devido à heterogeneidade do material de origem, das formas de relevo e das condições climáticas, as características desses solos variam muito de um local para outro. Comporta solos fortemente até imperfeitamente drenados, de rasos a profundos, de cor bruna ou bruno-amarelada até vermelho escuro, e de alta a baixa saturação por bases e atividade química da fração argila (EMBRAPA, 2006).

Os **Solos Gleis** são constituídos por material que apresentam horizonte glei em 150 cm da superfície do solo, imediatamente abaixo do horizonte A ou E, ou de horizonte H (hístico). São formados a partir de sedimentos, estratificados ou não, sujeitos a constante ou periódico excesso de água. Desenvolve-se em sedimentos recentes nas proximidades dos cursos de água e em materiais colúvio-aluviais, podendo ocorrer também em áreas de relevo plano e de terraços fluviais e/ou lacustres. A declividade varia de 0-8%, sendo mal drenado e argiloso.



LEGENDA

CLASSES DE SOLOS

- CD5- Cambissolos Distróficos. Declividade de 2-8%, bem drenado, argiloso.
- GD2- Solos Glei Distróficos. Declividade de 0-2%, mal drenado, argiloso.
- GE1- Solos Glei Eutróficos. Declividade de 0-2%, mal drenado, argiloso.
- LAD14- Latossolos Amarelos Distróficos. Declividade de 2-8%, bem drenado, argiloso.
- LAD17- Latossolos Amarelos Distróficos. Declividade de 2-8%, bem drenado, franco.
- LAD5- Latossolos Amarelos Distróficos. Declividade de 2-8%, bem drenado, argiloso.
- LLD16- Latossolos Vermelho - Amarelos Distróficos. Declividade de 0-2%, bem drenado, argiloso.
- LLD3- Latossolos Vermelho - Amarelos Distróficos. Declividade de 2-8%, bem drenado, franco.

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rodovia pavimentada federal
- Rodovia municipal não pavimentada
- Hidrografia
- Cachoeira
- Limite estadual
- Área urbana
- Pontos descritos e amostrados

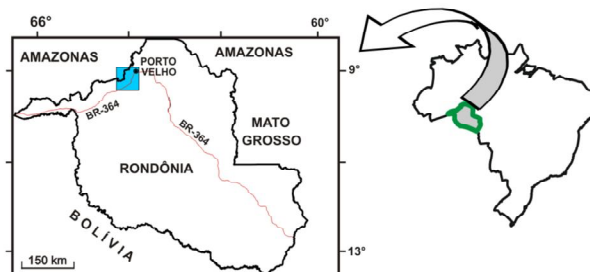


Figura 4. Mapa de solos da área de estudo (modificado de RONDÔNIA, 1999).

2.3.4. Vegetação

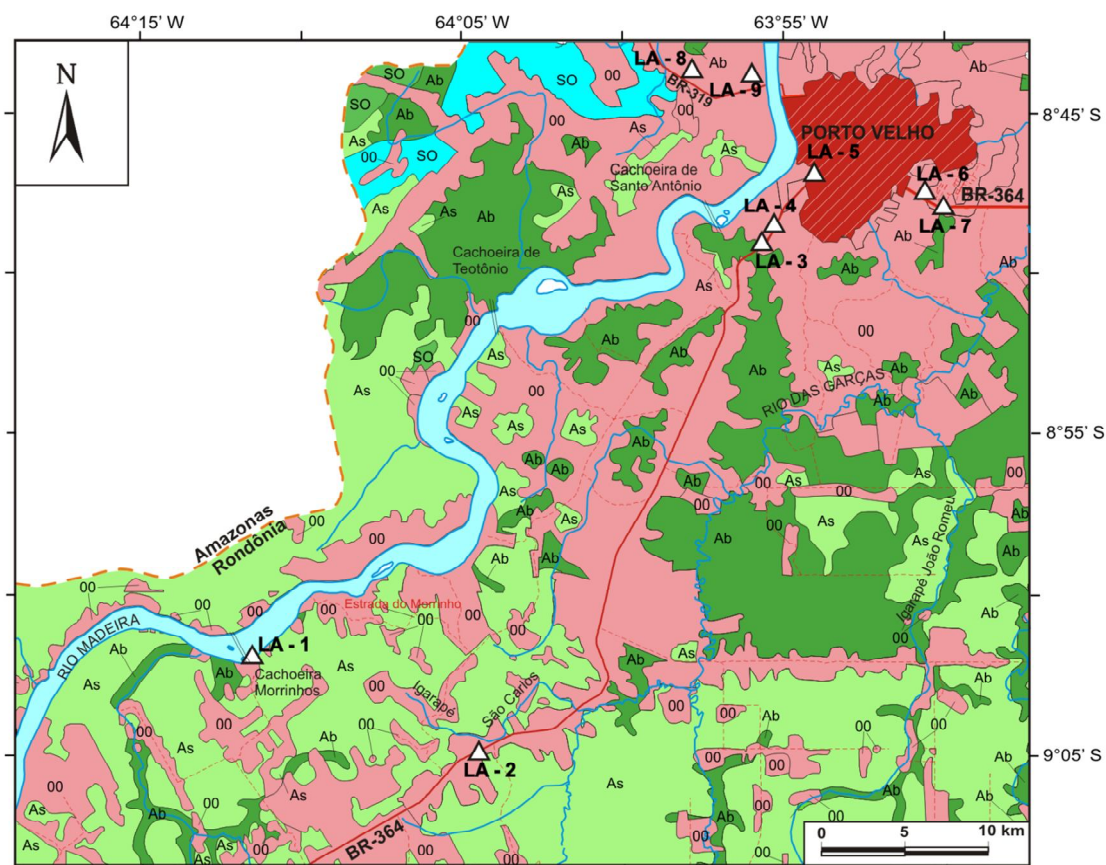
A vegetação da área mapeada se destaca por apresentar fisionomias desenvolvidas em ambientes específicos regionais, descritas pelo Zoneamento Socioeconômico-Ecológico (RONDONA, 1999) e contemplados na Figura 5.

Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas: caracterizam-se como sub-bosque geralmente denso e presença de pequenas palmeiras (*Geonoma* spp., *Astrocaryum mumbaca*, *Bactris* sp.), *Maranthaceae*, sororocas e guarimãs. As espécies de palmeiras mais comuns de dossel são *Attalea maripa*, *A. phalerata*, *A. martiana*, mistas com espécies arbóreas como cedrorana (*Cedrelinga catanaeformis*), mogno (*Switenia macrophylla*) e cerejeira (*Torresia acreana*).

Floresta Ombrófila Aberta Submontana: possui indivíduos emergentes ao dossel, podendo estar associadas a palmeiras e cipós. Entre as palmeiras, destacam-se o babaçu (*Attalea phalerata*), o coco cabeçudo (*A. martiana*) e inajá (*A. maripa*). Nos vales profundos, de difícil acesso, nas fontes d'água de rios que nascem nas serras, é possível encontrar enclaves de vegetação higrófila com o aparecimento de indivíduos de açaí, sororoca e paxiúba. No dossel ocorrem espécies arbóreas como o cumaru (*Dipteryx odorata*), margonçalo (*Hieronima laxiflora*) e gema-de-ovo (*Poecilanthe effusa*).

Contato Savana/Floresta Ombrófila: as transições mais significativas ocorrem entre as savanas abertas (parque) e florestas ombrófilas abertas com palmeiras e cipós. São comuns espécies como o umiri (*Humiria floribunda*), jacareúba (*Callophyllum brasiliense*). Nas formações savânicas associadas ocorrem a lixeira (*Curatella americana*), pau-de-tucano (*Vochysia* sp.), *Salvertia convaliodora* e veredas de burutis (*Mauritia flexuosa*).

Áreas Antropizadas: a cobertura vegetal nativa encontra-se bastante antropizada, com a remoção de grandes extensões de terra, tornando-as aptas para a introdução de culturas agrícolas e principalmente de criação de bovinos.



LEGENDA

CLASSES DE VEGETAÇÃO

- 00 - Áreas Antropizadas
- Ab - Floresta Ombrófila Aberta de Terras Baixas
- As - Floresta Ombrófila Aberta Submontana
- SO - Contato Savana / Floresta Ombrófila

CONVENÇÕES CARTOGRÁFICAS

- Rodovia pavimentada federal
- Rodovia municipal não pavimentada
- Hidrografia
- Cachoeira
- Limite estadual
- Área urbana
- Pontos descritos e amostrados

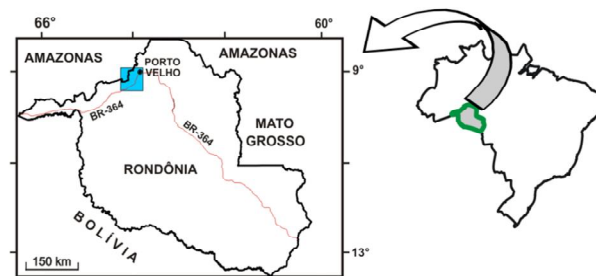


Figura 5. Mapa de vegetação da área de estudo (modificado de RONDÔNIA, 1999).

2.3.5. Recursos Hídricos Superficiais

A rede de drenagem da área de estudo possui um padrão dendrítico, conforme nomenclatura de Christofolletti (1980), associada à bacia do rio Madeira, implantada sobre rochas de resistência uniforme, principalmente de constituição sedimentar. A Cachoeira de Santo Antônio estabelece uma divisão morfológica do rio Madeira, sendo rio de planalto à montante, exibindo corredeiras e/ou quedas d'água, enquanto que à jusante é considerado um rio de planície.

Os principais afluentes distribuem-se pela margem direita, destacando-se o rio Candeias, afluente do rio Jamari, os rios Jaci-Paraná e Branco. Outros igarapés, de menor porte, porém abundantes, localizam-se nas proximidades da área urbana de Porto Velho, tendo seu fluxo em consonância com a drenagem principal, destacando-se os igarapés dos Tanques, Grande, Bate-Estaca, Santa Bárbara, Belmont e Periquitos. Alguns corpos aquosos são identificados próximo ao rio Madeira como as lagoas de São Miguel e Cujubim.

O abastecimento de água na cidade de Porto Velho, oferecido pela Companhia de Águas e Esgotos de Rondônia–CAERD é efetuado a partir do tratamento de águas superficiais no rio Madeira. Entretanto, uma parcela significativa da população utiliza água subterrânea obtida em poços e cacimbas. Poços tubulares são utilizados por uma parcela da população de maior poder aquisitivo ou por conjuntos residenciais, enquanto as populações que moram às margem do rio Madeira utilizam água, sem tratamento necessário, do próprio rio Madeira.

2.3.6. Clima

O clima de Rondônia é equatorial com transição tropical, úmido, com forte decréscimo de precipitação no inverno. Caracteriza-se por três meses secos (junho, julho e agosto), em média sujeito a fortes desvios pluviométricos estacionais ao longo dos anos, ou seja, quente durante todo ano; baixa amplitude térmica anual e notável amplitude térmica diária, especialmente no inverno, quando as mínimas noturnas descem, com frequência, abaixo de 18°C nas planícies e abaixo de 9°C nos altiplanos dos planaltos. De acordo com a classificação de KÖPPEN, o clima da área de estudo corresponde ao tipo Aw, Clima Tropical Chuvoso, quente e úmido, com curta estação seca, temperatura média anual de 26° C, com

índice pluviométrico próximo aos 2.600 mm/ano (SEDAM, 2008). A condição climática atual contribuiu para formação do laterito local.

De acordo com os dados do Boletim Climático referente ao ano de 2008, obtidos junto à Secretaria de Desenvolvimento Ambiental - SEDAM, indicaram as seguintes condições:

- Temperatura média anual: 25,8°C, com a maior média mensal no mês de março e outubro de 26,5° C e menor em junho de 24,1° C;
- Temperatura máxima absoluta: média de 34,7°C, com máxima em agosto de 36,2° C e mínima de 32,6° C em junho;
- Temperatura mínima absoluta: média de 19,8°C, com máxima de 22,2° C em janeiro e fevereiro, com mínima em julho de 15,5° C;
- Umidade relativa do ar: média anual de 81,3%;
- Umidade relativa superior do ar: 81% no período de novembro a maio, registrando-se valores inferiores de junho a setembro de 71%, como a menor de 68,1% em agosto;
- Precipitação pluviométrica total: 2.410,8 mm durante o ano, com média mensal de 200,9 mm; registrou-se em dezembro o maior índice com 496,0 mm e em junho, o menor, com 4,6 mm;
- Precipitação pluviométrica máxima em 24h: em outubro com 100,6 mm e mínima em junho com 3,6 mm;
- Velocidade do vento: média de 1,4m/s., sendo a maior em outubro com 1,7 m/s e menor de 1,2m/s em julho;
- Velocidade máxima absoluta do vento de 5,4 m/s, sendo a maior de 6,5 m/s em novembro e a menor de 4,4 m/s em maio.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento da pesquisa dividiu-se em quatro etapas na busca da aquisição de dados. Na primeira etapa foi realizado levantamento bibliográfico; na segunda etapa com os trabalhos de campo teve-se a caracterização dos corpos lateríticos e sua associação com as formas de relevo, além de coleta de amostras; na terceira etapa os trabalhos de escritório envolveram atividades de fotointerpretação e elaboração de mapas temáticos; na quarta e última etapa realizaram-se análises de granulometria, mineralogia e petrografia das amostras coletadas no campo, obtendo-se dados mais detalhados para a avaliação da natureza do material laterítico.

3.1. PRIMEIRA ETAPA: LEVANTAMENTO BIBLIOGRÁFICO

Foi realizada a revisão bibliográfica, buscando-se identificar trabalhos referentes a materiais lateríticos para obtenção da base teórica necessária à elaboração deste trabalho, utilizando-se do acervo bibliográfico do Serviço Geológico do Brasil/CPRM de Porto Velho e Universidade Federal de Rondônia, incluindo também a biblioteca virtual científica Scientific Electronic Library Online – SCIELO.

Para levantamento bibliográfico da área de estudo, foram consultadas as bases cartográficas planialtimétricas das folhas Abunã SC.20-V-C-V, Porto Velho SC.20-V-B-V; Mutum-Paraná SC.20-V-C-VI; Jaciparaná SC.20-V-D-I, executadas pelo Ministério do Exército – Diretoria de Serviço Geográfico - DSG em escala 1:100.000 impressas em 1980, com exceção da Folha Mutum-Paraná, impressa em 1979. Foram consultados também o Mapa Geológico de Rondônia, escala 1:1.000.000 (QUADROS & RIZZOTTO, 2007) e o Projeto Porto Velho – Abunã (ADAMY & ROMANINI, 1990), ambos elaborados pelo Serviço Geológico do Brasil/CPRM. Outra fonte de consulta relevante foi o Zoneamento Socioeconômico Ecológico do Estado de Rondônia (RONDÔNIA, 1999), do qual foram utilizados os textos de geomorfologia, vegetação e solos, e mapas na escala 1:250.000.

3.2. SEGUNDA ETAPA: TRABALHOS DE CAMPO

A obtenção de dados de campo foram realizados em locais de exposição de materiais lateríticos que permitiram correlacionar os tipos de perfis aflorantes com morfologia local e

regional, observando-se a morfoescultura dos perfis lateríticos desenvolvidos em superfícies de aplanamento que envolvem a área de estudo.

Desta forma, foram realizados nove dias de campo, incluindo cinco dias para reconhecimento e descrição dos pontos de estudo e três dias para detalhamento das descrições dos pontos e coleta de amostras. Compreendeu a cidade de Porto Velho e seu entorno com cinco pontos estudados, e o trecho Porto Velho – Morrinhos e vicinais, com quatro pontos estudados. Portanto, foram descritos, georreferenciados e amostrados nove pontos, com registros fotográficos e coleta de vinte e três amostras de materiais lateríticos coesos, incoesos e argilosos para estudos petrográficos, granulométricos e mineralógicos.

3.3. TERCEIRA ETAPA: TRABALHOS DE ESCRITÓRIO

Nesta etapa foram realizadas atividades de fotointerpretação, utilizando-se fotografias aéreas da Aeromapa, 2005, escala 1:30.000, permitindo uma visão tridimensional da área de estudo, com uma melhor interpretação das unidades geomorfológicas e geológicas e suas relações com os afloramentos de materiais lateríticos visitados posteriormente.

Os mapas temáticos foram elaborados nesta etapa dos trabalhos, com base em mapas regionais existentes (QUADROS & RIZZOTTO, 2007; RONDÔNIA, 1999), utilizando-se o software CorelDraw, versão 13.

3.4. QUARTA ETAPA: TRABALHOS NO LABORATÓRIO

Foram realizadas análises granulométricas e mineralógicas para as amostras do horizonte ferruginoso, zona incoesa, e horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha e mosqueada, bem como também análises microscópicas petrográficas em lâminas delgadas sob luz polarizada para as amostras do horizonte ferruginoso, zona coesa, visando a melhor compreensão da natureza desses materiais.

3.4.1. Análises granulométricas

Foram selecionadas quatro amostras de zonas distintas com materiais dos perfis lateríticos da área de estudo para análises granulométricas, através do peneiramento por via úmida, conforme mostra o fluxograma da Figura 6. As amostras primeiramente foram secas ao ar, destorroadas e processada a separação das frações silte e argila das frações mais

grossas. Posteriormente foram secas e peneiradas com abertura de malhas de 5, 10, 20, 40, 60, 100, 150, 200, 250 e 400 mesh, ou seja, respectivamente em milímetros: 4; 2; 1; 0,42; 0,25; 0,149; 0,115; 0,07; 0,062 e 0,004.

As peneiras selecionadas foram colocadas uma sobre a outra em ordem descendente de abertura de suas malhas com uma tampa e um fundo, possuindo um encaixe para evitar perdas de material. O conjunto foi levado a um dispositivo vibrador e deixado vibrar por um tempo necessário para a separação das partículas de diferentes tamanhos.

O resultado obtido representa a distribuição percentual em peso dos diferentes tamanhos das partículas dos materiais lateríticos de estudo, entre um limite superior e um limite inferior em determinados intervalos de tamanhos presentes em suas populações.

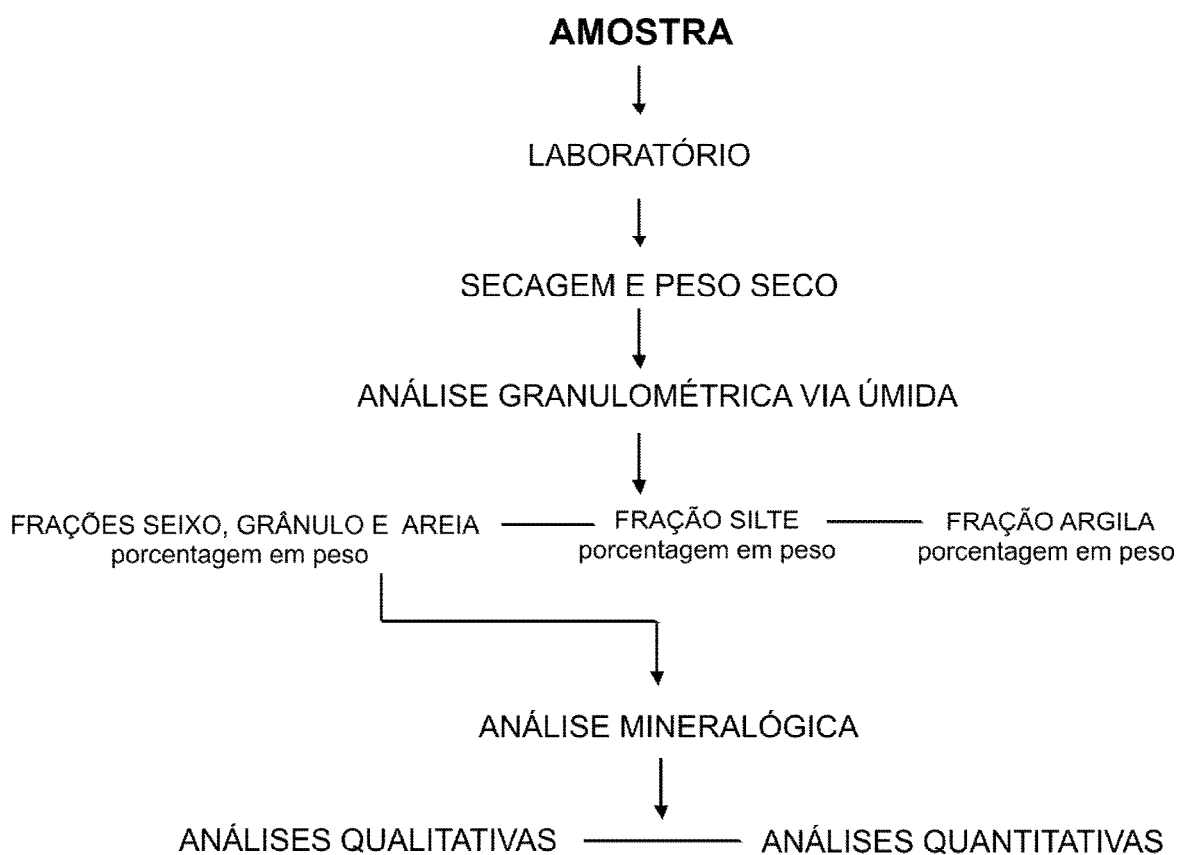


Figura 6. Fluxograma das análises granulométricas e mineralógicas realizadas nas amostras de materiais lateríticos do horizonte ferruginoso, zona incoesa e do horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha e mosqueada.

3.4.2. Análises mineralógicas

As análises mineralógicas foram realizadas em grãos com diâmetro entre 4 e 0,062 mm, ou seja, frações seixo, grânulo e areia, determinando-se ópticamente as espécies minerais com o emprego de lupa binocular, seguindo os métodos usualmente empregados em estudos petrográficos de acordo com (SUGUIO, 2006; MANIESI, 1997; MANIESI & OLIVEIRA, 2002). Com a caracterização mineralógica foi possível avaliar qualitativa e quantitativamente a mineralogia, bem como a natureza dos grãos.

3.4.3. Análises petrográficas

Inicialmente esta etapa de trabalho voltou-se para a descrição e análises petrográficas mesoscópicas, com o objetivo de selecionar amostras para o posterior exame microscópico. Para as amostras LA-2, LA-2A, LA-2B, LA-8 e LA-9 foram confeccionadas as seções delgadas pelo Laboratório de Laminação da UNESP/Rio Claro.

As seções delgadas foram examinadas na CPRM/Porto Velho, com auxílio de um microscópio petrográfico binocular sob luz polarizada. Esses estudos permitiram a caracterização microscópica dos minerais e das feições texturais e estruturais dos lateritos com a obtenção de fotomicrografias, como estudado por Maniesi (1997), Maniesi & Oliveira (1997) e Maniesi & Oliveira (2002), além da avaliação dos percentuais modais de seus constituintes minerais.

4. RESULTADOS OBTIDOS

4.1. ATIVIDADES DE CAMPO

Para o desenvolvimento das atividades de campo foram estabelecidos dois roteiros diferenciados, onde foi possível estudar nove pontos de ocorrência de material laterítico, compreendendo a cidade de Porto Velho e seu entorno, bem como o trecho entre Porto Velho e o distrito de Morrinhos, ao longo da BR-364 e vicinais.

4.1.1. Roteiro Porto Velho – Morrinhos (Pontos LA-1, LA-2, LA-3 e LA-4)

PONTO LA-1

Com a realização dos trabalhos de campo nos afloramentos no eixo da BR-364, entre a Vila de Morrinhos e a cidade de Porto Velho, nas proximidades do rio Madeira, ramal de acesso à Cachoeira de Morrinhos, coordenadas 64°10'57,8" W e 9°01'4,5" S. Trata-se de uma estrada não pavimentada, em boas condições de acesso, cujo ponto terminal situa-se na margem direita do rio Madeira, junto à referida cachoeira. A topografia desta vicinal aparece com uma paisagem de relevo diferenciado, onde se destacam ondulações bem expressivas modelando o relevo.

Neste trajeto, são comuns blocos de material ferruginoso de lateritos coesos colunares e incoesos concrecionários expostos e/ou soterrados, dispostos sobre cortes de barrancas com pequenas concreções de detritos rolados sobre a superfície.

São observadas em alguns locais couraças ferruginizadas desmanteladas (coberturas residuais), modelando platôs suaves formadores da paisagem atual e de seu entorno, representadas por extensas coberturas aplanadas de média a baixa dissecação e de baixa amplitude altimétrica.

Nas proximidades da Cachoeira Morrinhos, pela margem direita do rio Madeira, foi identificada uma exploração de cascalho laterítico, empregado no revestimento do ramal de acesso, constituído por material em fase de desagregação da zona coesa, horizonte

ferruginoso, e que ocupa a parte alta da topografia, mais resistente ao processo intempérico, ladeado por encostas suaves e cobertas por um latossolo (Figura 7).



Figura 7. Exploração de material laterítico do horizonte ferruginoso, zona coesa. Ponto LA-1. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

PONTO LA-2

Trata-se de uma área colinosa coberta parcialmente pela vegetação nativa e apresenta uma extensa exposição de lateritos em fase de dismantelamento. Este local situa-se na margem sul da BR-364, km 58, sentido Jaci-Paraná, coordenadas 64°03'55,8" W e 9°04'44" S. Morfologicamente, está representado por um extenso platô de encostas de média declividade, estando relativamente protegidas pela cobertura vegetal (Figura 8).

Esta exposição de lateritos ainda mantém preservada cobertura vegetal desenvolvida sobre a topografia colinosa, dificultando a observação em campo da continuidade lateral do terreno, que foi superada pela interpretação das fotografias aéreas da área, onde foi constatada uma maior distribuição desta feição morfológica.

A presença desta cobertura vegetal atual evita uma maior intensidade do processo erosivo no dismantelamento do perfil laterítico, causada pelas condições climáticas rigorosas da região e com isso, os platôs encontram-se preservados.



Figura 8. Horizonte ferruginoso, zona coesa em fase de desagregação. Ao fundo uma superfície aplanada. Ponto LA-2. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

Considerando que o sítio está sustentado por lateritos com cotas de até 143 metros, verifica-se que nas áreas desprotegidas o processo erosivo atua progressivamente, carreando fragmentos lateríticos para a parte baixa do relevo. Como decorrência, origina-se uma superfície aplanada que coalesce com os terrenos adjacentes, promovendo o surgimento de uma área aplanada de maior extensão, mapeável regionalmente. Este processo de formação de superfícies de aplanamento tem ampla distribuição no Estado de Rondônia, bastante presente na área de estudo, embora nem sempre esteja associado com terrenos lateríticos. O mapeamento geomorfológico executado pelo Zoneamento Socioeconômico-Ecológico do Estado de Rondônia (RONDÔNIA, 1999) caracterizou uma unidade associada com este processo evolutivo, denominada de superfície de aplanamento com relevo plano e evidências de superfícies com couraças ferruginosas, diferenciando-as em vários níveis de acordo com a cota relativa.

PONTO LA-3

Trata-se de um afloramento localizado no km 3,5 da rodovia BR-364, a oeste de Porto Velho, imediações do igarapé Bate-Estaca, representado pelo horizonte argiloso, zona mosqueada, distribuído em ambas as margens da rodovia, coordenadas 63°54'50,4" W e 8°48'08,6" S. Do ponto de vista morfológico, o terreno apresenta uma feição suavemente ondulada, com a porção apical formada por uma superfície aplanada, em cuja encosta suave observa-se este ponto, constituído pela porção argilosa do perfil laterítico.

Neste afloramento observam-se manchas irregulares ferruginizadas de coloração avermelhada no material argiloso amarelado, bem como feições caulínicas grosseiramente lineares de coloração esbranquiçada. Como observado também no ponto LA-5, este horizonte apresenta uma conformação morfológica específica, estando presente, em geral, em encostas de colinas suaves. Fragmentos de óxido e hidróxido de ferro são distinguidos caoticamente nesta massa, revelando uma incipiente evolução do processo de lateritização.

Em posição suprajacente a este horizonte, foram identificadas duas camadas coluvionares de distinta expressão. Uma camada mais delgada, diretamente em contato com o horizonte argiloso, zona mosqueada, de coloração castanha pálida e de aspecto mais homogêneo, constituído por sedimentos argilosos, com eventuais fragmentos lateríticos. Uma segunda camada de distribuição superficial e bem mais espessa (Figura 9) é representada por um material tipicamente coluvionar de aspecto francamente heterogêneo e aparentemente associado a um movimento de fluxo descendente, com abundância de fragmentos lateríticos de diferentes dimensões, tipificado por uma coloração mais escura.

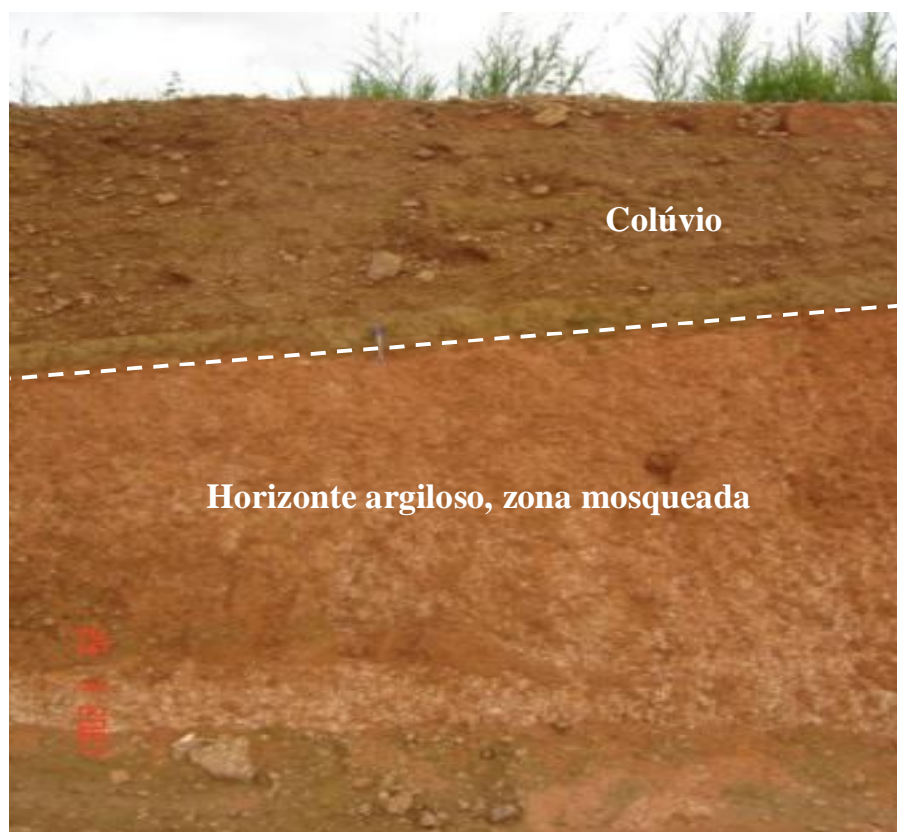


Figura 9. Depósito de colúvio sobreposto ao horizonte argiloso, zona mosqueada do perfil laterítico. Ponto LA-3. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

O afloramento apresenta camadas milimétricas de composição argilosa e argilo-arenosa dispostas de forma alternada, de coloração variável em tons amarelado, róseo e esbranquiçado (Figura 10).

Outra particularidade identificada neste afloramento diz respeito a traços retilinizados métricos, os quais favorecem a percolação de líquidos. São sítios favoráveis à concentração de minerais de ferro por enriquecimento supergênico, constituindo incipientes crostas ferruginizadas (Figura 11), caracterizando feições restritas à zona mosqueada, não se distribuindo nos colúvios superiores, indicando, portanto, uma origem pretérita à deposição deste colúvio. A origem destes pseudo-lineamentos pode estar vinculada a eventuais movimentos neotectônicos superimpostos a estes sedimentos, ou até mesmo derivados de deslizamentos do colúvio.



Figura 10. Horizonte argiloso, zona mosqueada. Ponto LA-3. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

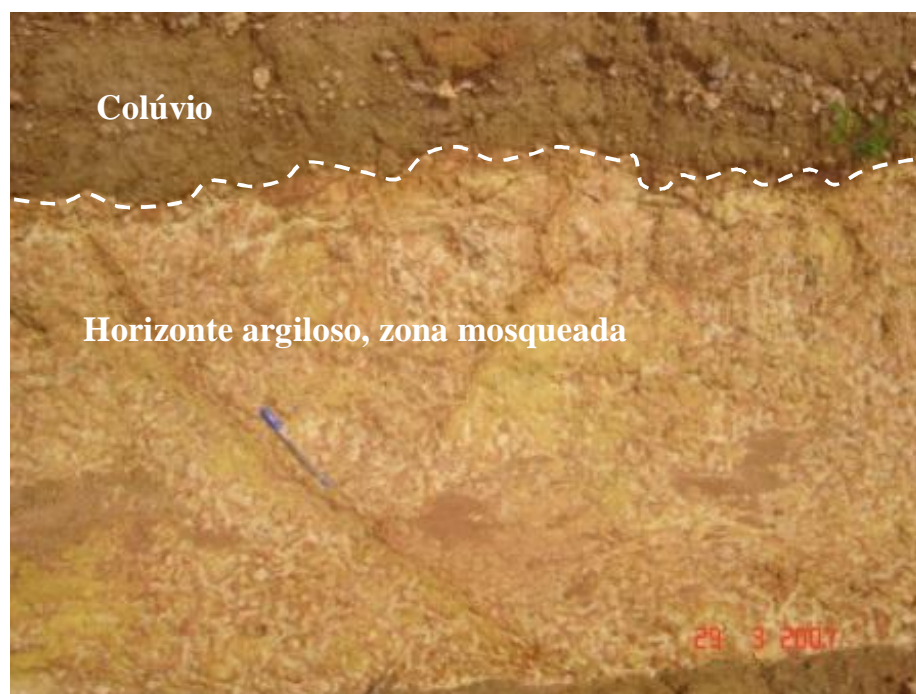


Figura 11. Feições retilinizadas do horizonte argiloso, zona mosqueada. Ponto LA-3. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

PONTO LA-4

Afloramento no corte de estrada da BR-364, sentido Jaci-Paraná, coordenadas 8°48'51,8" S 63°55'11,1" W e altitude de 106 metros. É identificado o horizonte ferruginoso, zona incoesa, onde predominam fragmentos centimétricos imersos em uma matriz areno argilosa avermelhada e eventual castanha amarelada. São fragmentos com formas irregulares a ovóides, maciças e endurecidas da zona coesa colunar desmantelada. A paisagem é constituída por colinas de topo plano e encostas suaves, cobertas por gramíneas, representantes da vegetação secundária.

4.1.2. Roteiro cidade de Porto Velho e seu entorno (Pontos: LA-5, LA-6, LA-7, LA-8 e LA-9).

PONTO LA-5

A oeste da cidade de Porto Velho, coordenadas 63°53'31" W e 8°46'47,6" S, em um corte de estrada nas margens da BR-364, ocorre um perfil laterítico constituído pelo horizonte argiloso, zona mosqueada, em um relevo ondulado de colinas suaves.

O afloramento de material laterítico mosqueado apresenta espessura entre 6 a 7 metros, relativamente homogêneo e destituído de concreções ferruginosas. Hematita e goethita de coloração avermelhada, gibbsita amarela e nódulos brancos caulíníticos com colorações variegadas, conferem a feição mosqueada ao afloramento.

Durante as atividades de campo foi identificado na porção superior do afloramento o material argiloso mosqueado disposto em forma de proto-colunas descontínuas e verticalizadas, onde esses padrões de manchas indicam a ausência ferruginização (Figura 12). Na porção inferior distingue-se a distribuição irregular de manchas variegadas, colorindo as argilas em tons de branco, cinza-claro, amarelo-escuro e vermelho, com aspecto maciço e de espessura média de 3 metros. As proto-colunas estão ausentes nesta porção aflorante.



Figura 12. Horizonte argiloso, zona mosqueada. Ponto LA-5. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

Neste mesmo trecho observa-se na margem oposta a implantação de obra de engenharia representada por um muro de arrimo de 3 a 4 m de altura, visando à proteção do corte da estrada dos efeitos da erosão pluvial (Figura 13). A erosão é nítida nas partes desprotegidas, com o desenvolvimento de sulcos verticalizados escoando fluxos de água pluvial. Distinguem-se, ainda, tubulações de 2 polegadas, seccionando o muro de arrimo e dispostos simetricamente, com o objetivo de permitir o escoamento de água pluvial infiltrada no terreno e que poderia se acumular junto a esta obra e promover a sua gradual degradação.

Do ponto de vista morfológico a área está representada por um relevo ondulado, com formação de colinas suaves, aflorando a zona mosqueada laterítica em suas encostas.



Figura 13. Muro de proteção do corte lateral da rodovia BR-364 no perfil laterítico zona mosqueada. Ponto LA-5. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

PONTO LA-6

Trata-se de um afloramento localizado no Bairro Cascalheira, na região leste da cidade de Porto Velho, coordenadas $63^{\circ}50'07''$ W e $8^{\circ}47'20,8''$ S. Constitui-se de uma jazida de material cascalhífero, com acesso estabelecido pela rodovia BR-364 ou pela Avenida Mamoré.

Neste local, foi observado o desenvolvimento parcial de um perfil laterítico, constituído pelo horizonte ferruginoso, zonas coesa colunar e incoesa, com amplo predomínio desta última, estando recobertos solo eluvial de coloração amarelada a tons avermelhados, de espessura geralmente inferior a 1 metro (Figura 14). A zona incoesa, portanto, encontra-se distribuída de modo subjacente ao solo eluvial e na parte superior do perfil laterítico.



Figura 14. Horizonte ferruginoso, zonas coesa e incoesa. Ponto LA-6. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

A zona coesa do horizonte ferruginoso é caracterizada pela presença de colunas verticais a sub-verticais irregulares, com dimensões decimétricas a métricas. O intemperismo químico tem provocado o dismantelamento do afloramento, favorecendo o preenchimento dos espaços vazios existentes nas colunas por um material coluvionar mais recente, inclusive fragmentos derivados do dismantelamento do laterito da zona coesa. A ação de percolação de águas pluviais induz a formação de argilo-minerais de óxido e hidróxidos de ferro de cores variegadas onde predominam tons avermelhados e amarelados.

PONTO LA-7

Este ponto situa-se no km 1 do Ramal do Sindicato dos Bancários, coordenadas 63°49'35,1" W e 8°47'48,6" S, na região leste da cidade de Porto Velho, rodovia BR-364, ao lado da FARO (Faculdade de Ciências Humanas, Exatas e Letras de Rondônia).

É constituído por fragmentos de material laterítico avermelhados escuros, subarredondados a arredondados e dimensões centimétricas (Figura 15). Devido ao processo da ação mecânica da água, é visível a formação de pequenos ravinamentos sobre o perfil, contribuindo com o dismantelamento desta cobertura. A área apresenta um expressivo

potencial de recursos minerais associados ao depósito “cascalhífero”, utilizado intensamente por construtoras locais para o revestimento de estradas e vias urbanas, na construção civil e para a implantação da infra-estrutura no entorno da cidade de Porto Velho (Figura 16).

Em decorrência desta lavra mineral, a paisagem local sofre uma intensa transformação causada pelo excesso da ação antrópica, com rebaixamento do relevo original, possibilitando a formação de bolsões de água oriundos de precipitações pluviais. Nas proximidades deste ponto foram identificados termiteiros de coloração amarelada, com dimensão vertical centimétrica a pouco superior a um metro, dispostos sobre um terreno laterítico (Figura 17). As térmitas se desenvolvem em uma área coberta por vegetação secundária tipo pastagem e/ou capoeira, onde se distingue um manto de colúvio derivado do dismantelamento de materiais do laterito da zona coesa e em posição topográfica ligeiramente mais elevada.

Bigarella et al. (1994) e Elorza (2001) mencionam que as térmitas provocam o fenômeno de bioturbação em nível considerável na camada de natureza coluvial, sem que, contudo, sejam responsáveis pela concentração de cascalho residual em subsuperfície.



Figura 15. Horizonte ferruginoso, zona incoesa do ponto LA-7. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).



Figura 16. Exploração da jazida de material laterítico, horizonte ferruginoso, zona incoesa, ponto LA-7. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).



Figura 17. Desenvolvimento de termiteiros sobre superfície laterítica. Ponto LA-7. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2007).

PONTO LA-8

Neste local é caracterizado o perfil laterítico com o horizonte ferruginoso, zona incoesa em contato brusco com o horizonte argiloso, zona argilosa vermelha (Figura 18).

A zona incoesa possui espessura de até 20 metros, caracterizado por fragmentos e nódulos como produto do dismantelamento da zona coesa colunar, horizonte ferruginoso. São fragmentos e nódulos com dimensões predominantes de 2 a 5 centímetros imersos em uma matriz areno-argilosa. O material encontra-se em processo de exploração para utilização como base e sub base em estradas, compreendendo o desmonte mecânico por pá-carregadeira e seu transporte por caminhões.



Figura 18. Intensa exploração do material laterítico da zona incoesa, horizonte ferruginoso. Ponto LA-8. Autor: Vanderlei Maniesi (2010).

PONTO LA-9

Afloramento localizado na margem esquerda do rio Madeira, via de acesso da BR-319, com altitude de 60 m e coordenadas 8°44'16,9" e 53°55'32,1". Possui extensão próxima a 100 metros e altura de até 15 metros. O topo do perfil exhibe feições erosivas atuais com processos eluviais e aluviais envolvidos, mantendo-se localmente como feições convexas colunares endurecidas junto à margem esquerda do rio Madeira.

Trata-se de um perfil laterítico com dois horizontes distintos, o ferruginoso e o argiloso (Figura 19). O primeiro exhibe a zona coesa colunar sobreposto e em contato brusco com horizonte argiloso, zona argilosa vermelha. São lateritos endurecidos, de coloração marrom avermelhada a amarelada, aglutinadas pela migração descendente de substâncias e pelo efeito de epigenização dos óxidos e hidróxidos de ferro. Ocorrem esferólitos dispersos com forte cimentação, com formas sub esféricas a ovóides. São milimétricas a centimétricas, com ou sem laminação concêntrica de coloração avermelhada a amarelada. Ocorrem também feições estruturais originadas por tubos fósseis de prováveis raízes arbóreas pretéritas, que deve ter facilitado a ferrificação durante episódios sazonais de flutuação do lençol freático.

O horizonte argiloso, em parte aflorante, é basal e mais hidratado, possivelmente por estar relacionado à proximidade do lençol freático, em função de sua localização junto ao rio Madeira. São evidenciadas porções descontínuas subhorizontais e dispersos de caulinita branca intensa, com até 25 centímetros de espessura e comprimento centimétrico a eventuais métricos, envolvidos em uma matriz predominantemente argilosa vermelha intensa (Figura 20). São encontradas esporádicas feições rúpteis na forma de falhas e fraturas subverticais de direções preferenciais NW-SE e NE-SW, afetando tanto na zona coesa colunar como na argilosa vermelha, indicando eventos neotectônicos associados.

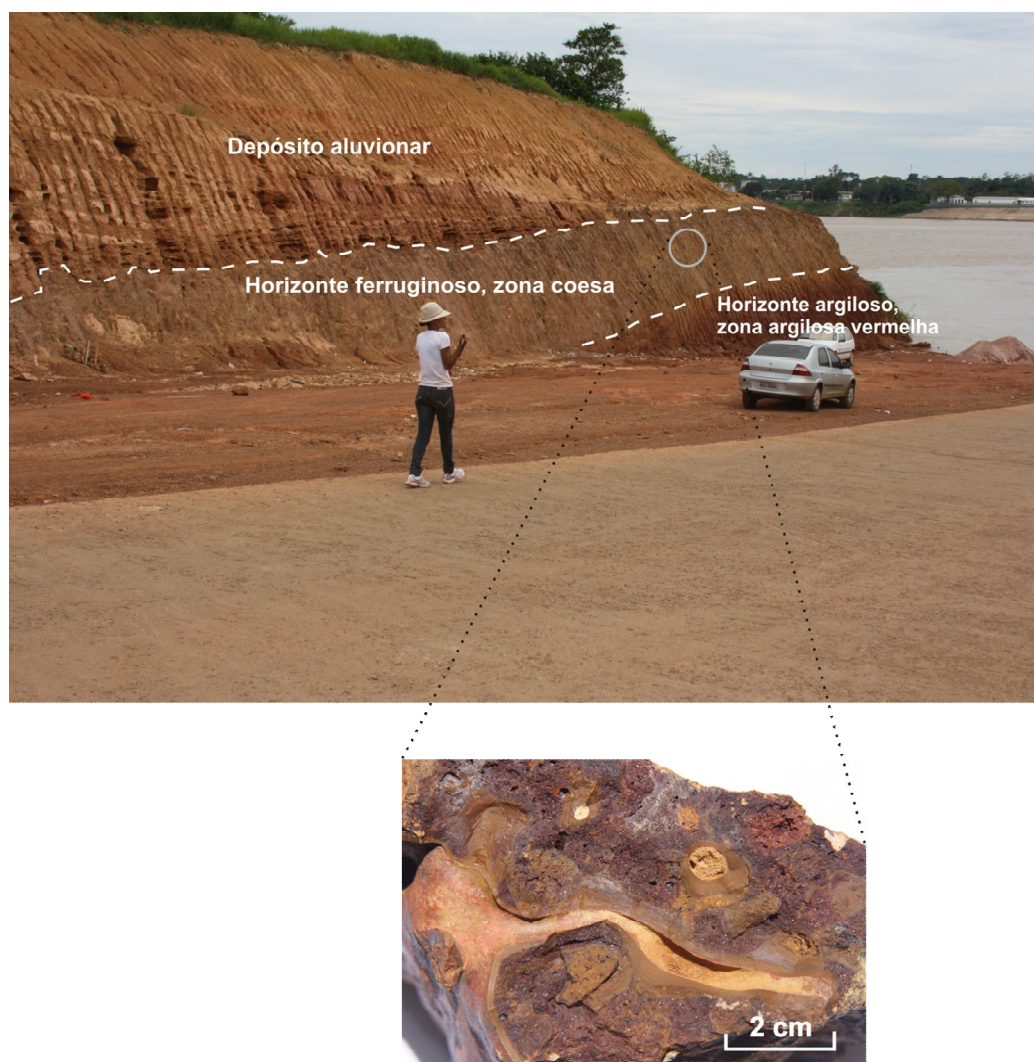


Figura 19. Perfil laterítico junto ao rio Madeira, incluindo horizonte ferruginoso, zona coesa, com cobertura de depósito aluvial, e o horizonte argiloso, zona argilosa vermelha. No detalhe tubos fósseis de prováveis raízes arbóreas pretéritas. Ponto LA-9. Autor: Vanderlei Maniesi (2010).



Figura 20. Zona argilosa vermelha com presença de níveis de caulinita (branca) e manganês (preta). Ponto LA-9. Autora: Telma Cristina Nery Nascimento (2010).

4.2. ANÁLISES GRANULOMÉTRICAS E MINERALÓGICAS

As análises granulométricas e mineralógicas foram realizadas em quatro amostras representativas do horizonte ferruginoso, zona incoesa (LA-7 e LA-8) e do horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha (LA-9A) e mosqueada (LA-5). São amostras de corpos distintos em função da inexistência de perfis lateríticos completos na área de estudo, pela própria natureza desses lateritos imaturos, muito embora represente uma história evolutiva complexa caracterizada por dissoluções e neoformações durante os seus desenvolvimentos.

Os valores referentes às porcentagens granulométricas das frações seixo, grânulo, silte e argila (diâmetros < 64 mm), bem como a distribuição mineral nas frações seixo, grânulo e areia (diâmetros 64 a 0,062 mm) das amostras selecionadas estão listadas nas Tabelas 1 e 2 (horizonte ferruginoso, zona incoesa), Tabelas 3 e 4 (horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha e mosqueada). As relações entre as porcentagens dessas frações estão dispostas na Figura 21.

São materiais que se destacam pela quase ausência da fração silte ($< 1\%$) e predomínio ora das frações grânulo, seixo e areia (LA-7 = 87,9%; LA-8 = 87,1%) ora da fração argila (LA-5 = 74,5%; LA-9A = 59,3%), ou seja, o material do horizonte argiloso mesmo possuindo um predomínio da fração argila ocorre também quantidade significativa de grãos na fração areia para este horizonte, tanto na zona argilosa vermelha (40,7%) quanto na zona mosqueada (25,5%). Por outro lado, a zona incoesa, horizonte ferruginoso, possui grãos nas frações seixo, grânulo e areia em porcentagens próximas a 87%, com a fração argila apresentando-se em porcentagem próxima a 12% (Tabelas 1 e 2). É identificada a descontinuidade no padrão de distribuição granulométrico das amostras LA-7, LA-8 e LA-9 que separa a matriz dos seixos e grânulos ferruginosos (diâmetros 64 a 4 mm), com uma tendência granulométrica de redução gradativa dos tamanhos dos grãos de 4 a 0,062 mm de diâmetro, exceto na amostra LA-5, zona mosqueada, que apresenta a inexistência deste contraste no padrão granulométrico (Figura 22).

A composição das frações seixo, grânulo e areia (Tabelas 1 a 4) indicam a predominância de grãos de lateritos singenéticos, com minerais residuais à base de quartzo e traços de feldspato, mica e opacos. No caso do feldspato, sua ocorrência em nódulos de caulinita nas diversas frações, sugere uma origem autógena para esses argilominerais provenientes da degradação direta do feldspato. Minerais primários como constituintes comuns de nódulos lateríticos tem sido descritos em Costa (1990a) e Beauvais & Roquin

(1996). McFalane (1976) menciona a possibilidade da permanência de minerais primários preservados do intemperismo no interior de nódulos em horizontes saprolíticos. Os grãos de quartzo residual mostram-se em diferentes estágios de intemperismo, localizados preferencialmente em poros de fragmentos de lateritos da zona incoesa, como cavidades de dissolução milimétricas a submilimétricas (Figura 23). São cristais anedrais, corroídos, originando feições típicas de dissolução em sua superfície.

O padrão de distribuição mineral nos diversos tamanhos dos grãos nas frações seixo, grânulo e areia exibe uma nítida tendência de empobrecimento de grãos de laterito (Figura 24) e enriquecimento de quartzo (Figura 25). Na zona mosqueada, suas frações grânulo e areia mostram o quartzo em quantidade relativamente expressiva (22%), porém ainda com predomínio de grãos de laterito.

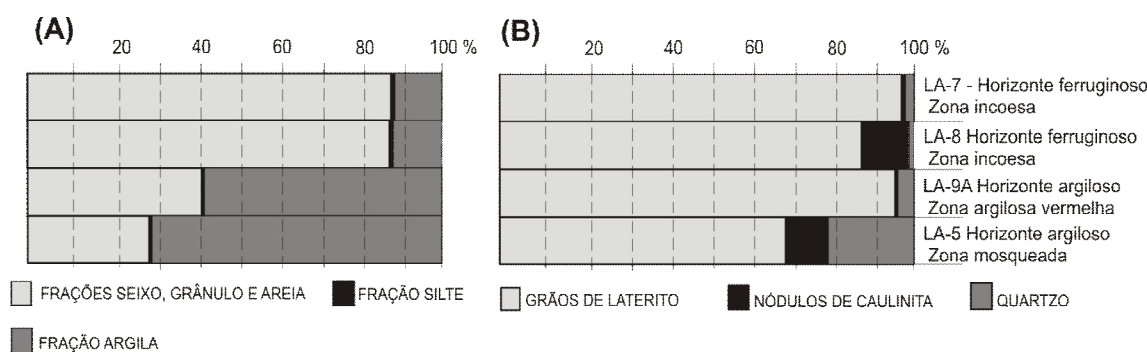


Figura 21. Distribuição granulométrica (A) e mineralógica (B) no horizonte ferruginoso, zona incoesa (amostras LA-7 e LA-8), e horizonte argiloso, zonas argilosa vermelha (amostra LA-9A) e mosqueada (amostra LA-5).

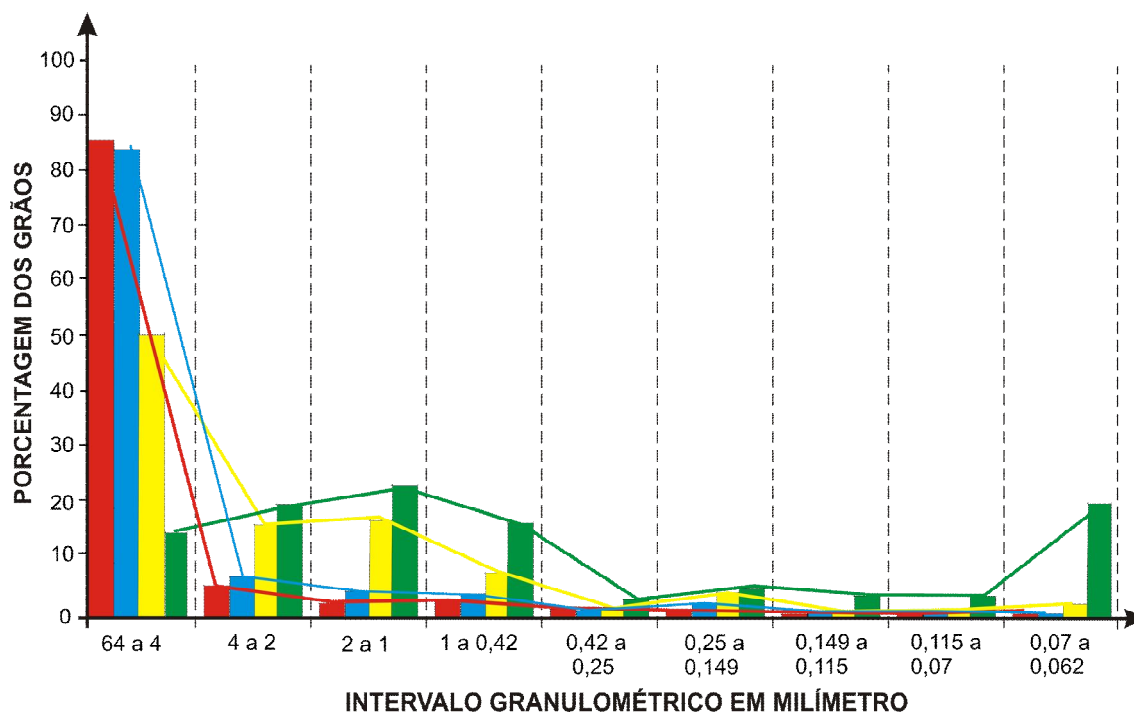


Figura 22. Distribuição em porcentagem em peso dos grãos nas frações seixo (64 a 4 mm), grânulo (4 a 2 mm) e areia (2 a 0,062 mm) para os materiais lateríticos da área de estudo. Amostras: LA-7 (■), LA-8 (■), LA-9A(■), LA-5(■).



Figura 23. Cavidade de dissolução de quartzo em fragmento de laterito do horizonte ferruginoso, zona incoesa (amostra LA-8). Autor: Vanderlei Maniesi, 2010.

Tabela 1. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-7 do horizonte ferruginoso, zona incoesa.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	% PESO	MINERAIS (% em volume)			
		Quartzo	Opacos	Grãos de laterito	Nódulos de caulinita
SEIXO, GRANULO E AREIA Diâmetro: 64 a 0,062 mm	87,9	2	1	96	1
64 a 4 mm	85,9	-	-	100	-
4 a 2 mm	4,2	-	-	100	-
2 a 1 mm	2,4	8	-	82	10
1 a 0,42 mm	2,9	20	-	73	7
0,42 a 0,25 mm	1,5	27	1	66	6
0,25 a 0,149 mm	1,3	28	13	52	7
0,149 a 0,115 mm	0,7	30	12	53	5
0,115 a 0,07 mm	0,4	32	20	44	4
0,07 a 0,062 mm	0,7	35	32	30	3
SILTE (0,062 a 0,04 mm)	0,2				
ARGILA (< 0,04 mm)	11,9				

Tabela 2. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-8, horizonte ferruginoso, zona incoesa.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	% PESO	MINERAIS (% em volume)		
		Quartzo	Grãos de laterito	Nódulos de caulinita
SEIXO, GRANULO E AREIA Diâmetro: 64 a 0,062 mm	87,1	1	82	17
64 a 4 mm	79,7	-	85	15
4 a 2 mm	5,8	-	87	13
2 a 1 mm	4,2	-	82	18
1 a 0,42 mm	4,0	8	60	32
0,42 a 0,25 mm	1,1	10	70	20
0,25 a 0,149 mm	2,2	7	48	45
0,149 a 0,115 mm	1,0	10	52	38
0,115 a 0,07 mm	1,3	15	45	40
0,07 a 0,062 mm	0,7	18	52	30
SILTE (0,062 a 0,04 mm)	0,3			
ARGILA (< 0,04 mm)	12,6			

Tabela 3. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-9A, horizonte argiloso, zona argilosa vermelha.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	% PESO	MINERAIS (% em volume)		
		Quartzo	Grãos de laterito	Nódulos de caulinita
SEIXO, GRANULO E AREIA Diâmetro: 64 a 0,062 mm	40	4	95	1
64 a 4 mm	49,6	-	100	-
4 a 2 mm	15,5	-	100	-
2 a 1 mm	17,4	< 1	100	-
1 a 0,42 mm	7,2	12	88	-
0,42 a 0,25 mm	1,7	15	85	-
0,25 a 0,149 mm	4,2	7	80	13
0,149 a 0,115 mm	1,1	17	63	20
0,115 a 0,07 mm	1,2	50	33	17
0,07 a 0,062 mm	2,1	70	20	10
SILTE (0,062 a 0,04 mm)	0,7			
ARGILA (< 0,04 mm)	59,3			

Tabela 4. Distribuição granulométrica em porcentagem em peso das frações seixo, grânulo, areia, silte e argila e estimativa em porcentagem em volume dos minerais das frações seixo, grânulo e areia. Amostra LA-5, horizonte argiloso, zona mosqueada.

FRAÇÃO GRANULOMÉTRICA	% PESO	MINERAIS (% em volume)		
		Quartzo	Grãos de laterito	Nódulos de caulinita
SEIXO, GRANULO E AREIA Diâmetro: 64 a 0,062 mm	24,6	22	67	11
64 a 4 mm	14,8	-	98	2
4 a 2 mm	18,7	-	95	5
2 a 1 mm	22,6	-	80	20
1 a 0,42 mm	10,7	-	75	25
0,42 a 0,25 mm	3,0	5	70	25
0,25 a 0,149 mm	4,8	15	68	17
0,149 a 0,115 mm	3,7	40	42	18
0,115 a 0,07 mm	3,6	80	13	7
0,07 a 0,062 mm	18,1	90	9	1
SILTE (0,062 a 0,04 mm)	0,9			
ARGILA (< 0,04 mm)	74,5			

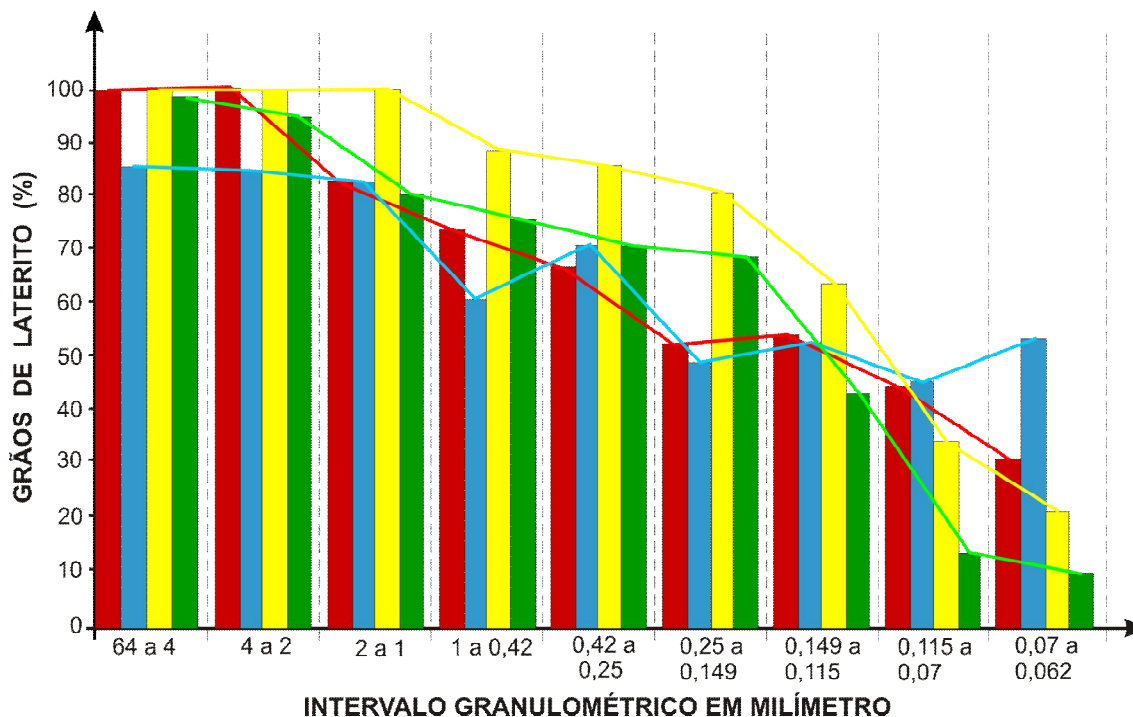


Figura 24. Distribuição em porcentagem em volume dos grãos de laterito nas frações seixo (64 a 4 mm), grânulo (4 a 2 mm) e areia (2 a 0,062 mm) para os materiais lateríticos da área de estudo. Amostras: LA-7 (■), LA-8 (■), LA-9A(■), LA-5(■).

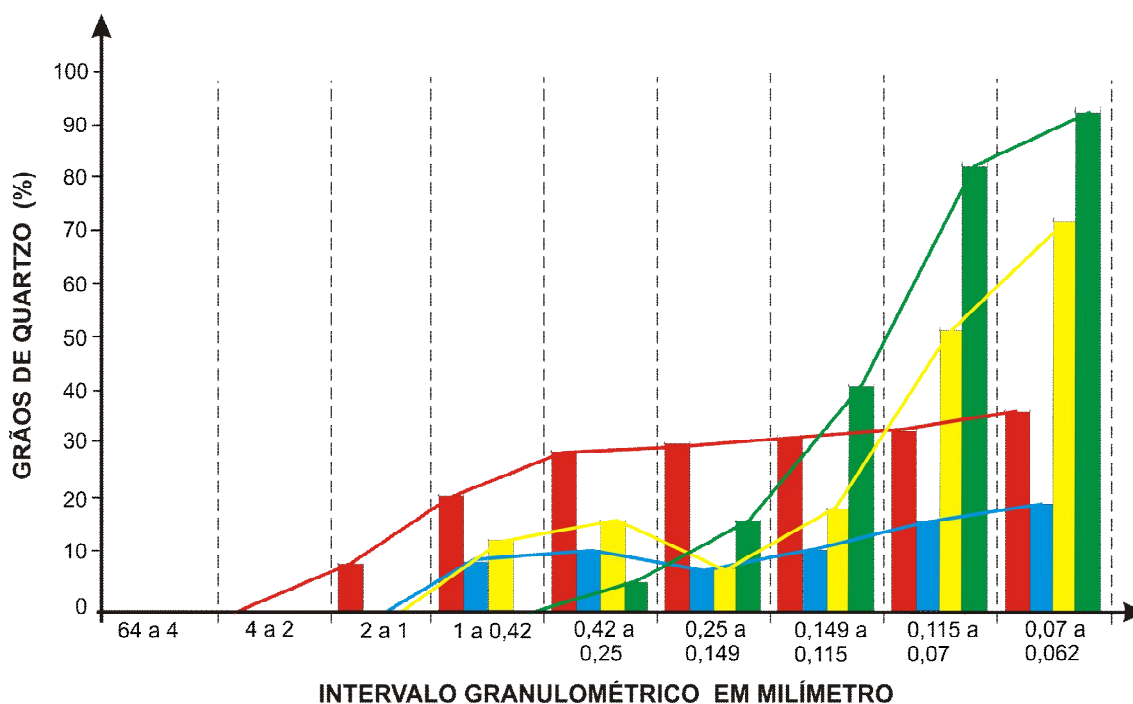


Figura 25. Distribuição em porcentagem em volume dos grãos de quartzo nas frações seixo (64 a 4 mm), grânulo (4 a 2 mm) e areia (2 a 0,062 mm) para materiais lateríticos da área de estudo. Amostras: LA-7 (■), LA-8 (■), LA-9A(■), LA-5(■).

4.3. CARACTERÍSTICAS E EVOLUÇÃO DOS PERFIS LATERÍTICOS DA ÁREA DE ESTUDO

Os materiais lateríticos da área de estudo foram caracterizados quimicamente por Guerra (1953) como ferruginosos em análises de material coeso colunar no igarapé dos Tanques, e incoeso nos km 9 e 33, respectivamente, na Rodovia Porto Velho-Cuiabá e no Bairro Caiari. O autor apresentou 5 análises químicas de óxidos, verificando tratar-se de materiais lateríticos com elevado teor em Fe_2O_3 (41,70 a 58,16%), porcentagem de alumina não tão elevada (8,32 a 13,90%) e ausência de manganês.

Quanto à idade desses materiais lateríticos, sua evolução pode ter iniciado no Pleistoceno Inferior por correlação com os lateritos imaturos amazônicos de Costa (1990a), envolvendo alternância climática equivalente a intertropical úmida atual na Amazônia com clima menos úmido, incluindo variações do nível do lençol freático, ocorrência de intenso intemperismo de rochas a diferenciação em horizontes e zonas do perfil laterítico.

São perfis lateríticos ferruginosos que cobrem descontinuamente rochas graníticas meso proterozóicas, estando também em contato com sedimentos indiferenciados cenozóicos. Em função de sua natureza imatura, ou seja, de baixo grau de evolução, com perfis incompletos, as seqüências dos perfis lateríticos estudados podem ser estratigraficamente correlacionáveis entre si, tanto na estruturação em horizontes quanto em zonas, permitindo uma elaboração de um perfil esquemático (Figura 26).

Desta forma, é possível reconhecer, do topo para a base dos perfis, o horizonte ferruginoso com as zonas coesa e incoesa, e o horizonte argiloso com as zonas argilosa vermelha e a mosqueada. São horizontes e zonas que se distribuem verticalmente de maneira variada e incompleta, desempenhando papel importante na configuração do relevo local e regional.

Os lateritos pertencentes ao **horizonte ferruginoso**, **zona coesa**, estão dispostos de modo subhorizontal, com espessura superior a 5 metros, em contato brusco ondulado com o horizonte basal argiloso (LA-9). São endurecidos, com nódulos e pisólitos dispersos em estruturas colunares prismáticas métricas. Essas feições esferolíticas possuem formas irregulares a sub esféricas, com diâmetros milimétricos a centimétricos e estão fortemente cimentados por material argiloso, chegando a formar agregados compactos. É também constatada a presença de feições estruturais originadas por tubos fósseis de raízes arbóreas

pretéritas, que deve ter facilitado a ferrificação durante episódios sazonais de flutuação do lençol freático.

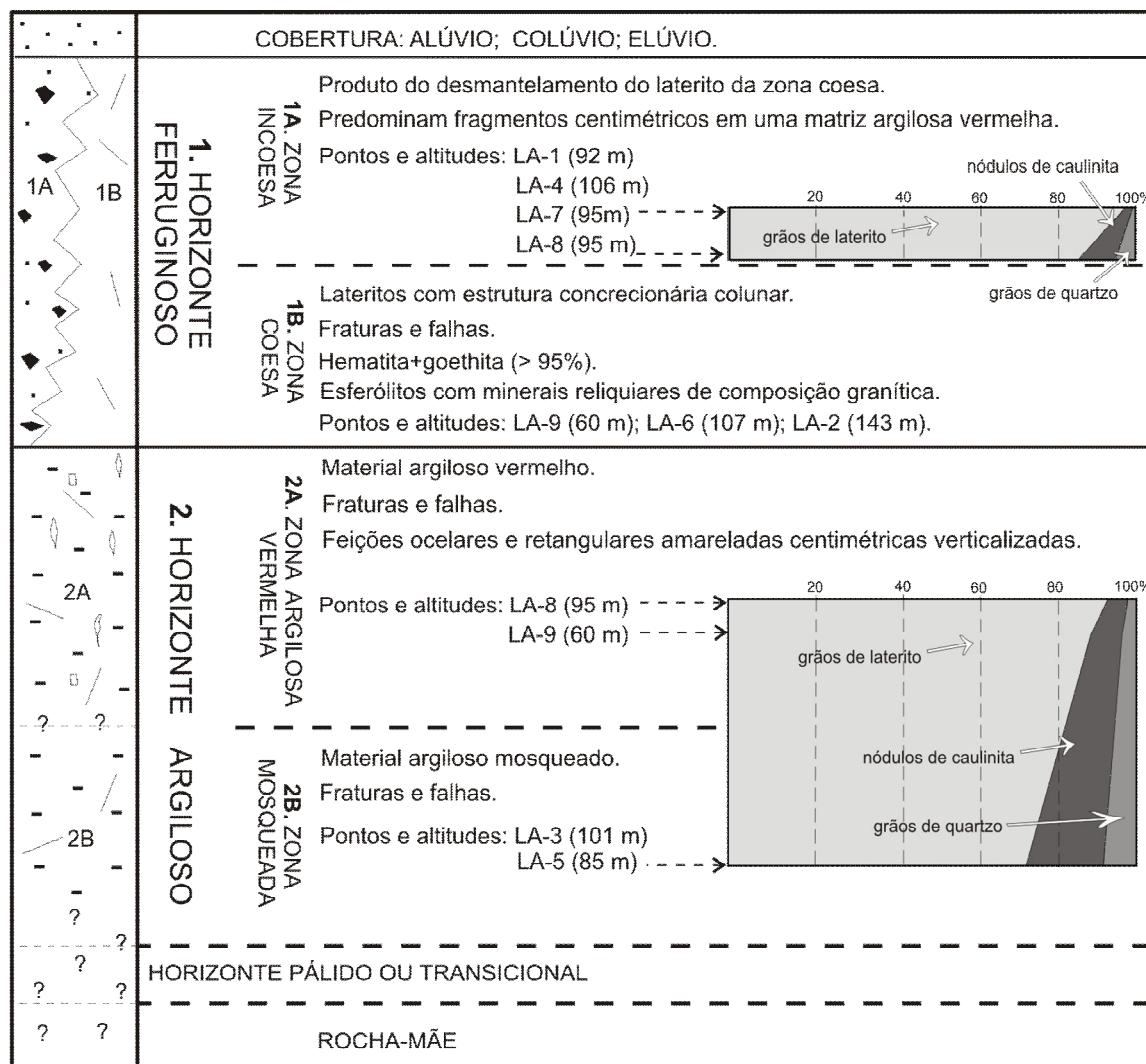


Figura 26. Perfil estratigráfico esquemático das ocorrências de materiais lateríticos na área de estudo e distribuição mineralógica no intervalo granulométrico entre 64 e 0,062 mm.

As análises microscópicas mostraram que se trata de lateritos constituídos por uma matriz ferruginosa microcristalina de coloração marrom avermelhada, a base de hematita e goethita (> 95%). Possuem aspecto brechóide com poros dispersos (Figura 27) e pisólitos subesféricos milimétricos com lâminas (ou bandas) concêntricas, evidenciando precipitações sucessivas, alternando as tonalidades marrom avermelhadas e marrom amareladas (Figura 28), incluindo uma mineralogia reliquiar granítica representada por quartzo, microclínio e

plagioclásio (Figura 29). Com frequência são encontradas vênulas distribuídas aleatoriamente no laterito, preenchidas ou não por quartzo, e às vezes manteadas por goethita, configurando, juntamente com os poros e os paleocondutos de raízes, um material de baixa densidade e permeável, favorecendo as percolações aquosas. Os cristais de quartzo, portanto, se dispõem junto aos pisólitos, vênulas ou mesmo dispersos na matriz ferruginosa microcristalina. São residuais, anedrais, com diâmetros inferiores a 0,1 mm e bordas corroídas, sugerindo dissolução, bem como evidências de deformação pretérita da rocha-mãe com microfraturas e moderada a forte extinção ondulante.

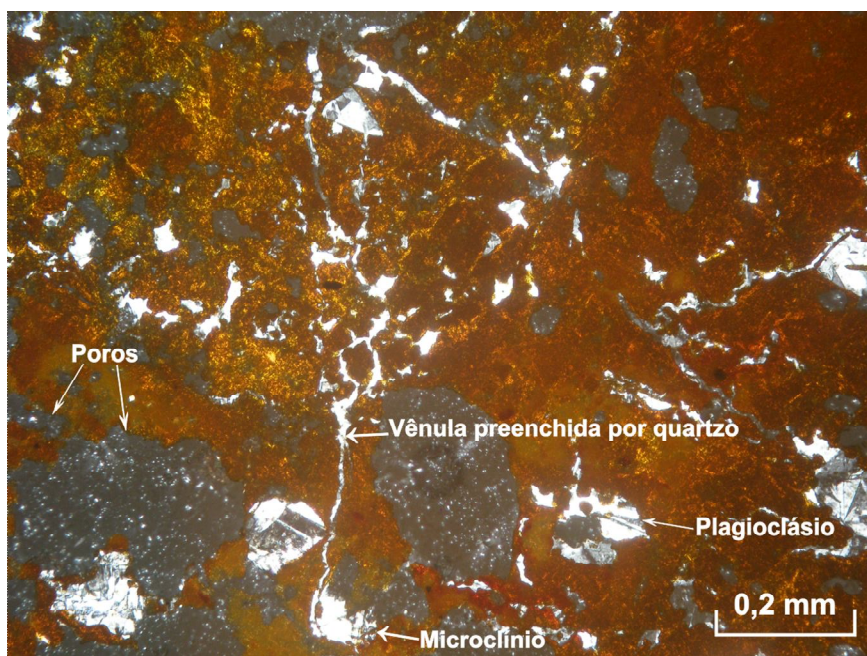


Figura 27. Laterito com plagioclásio e microclínio reliquiares e vênulas preenchidas por quartzo, em uma matriz porosa e microcristalina de hematita e goethita. Nicóis cruzados, amostra LA-2A. Autor: Vanderlei Maniesi (2011).

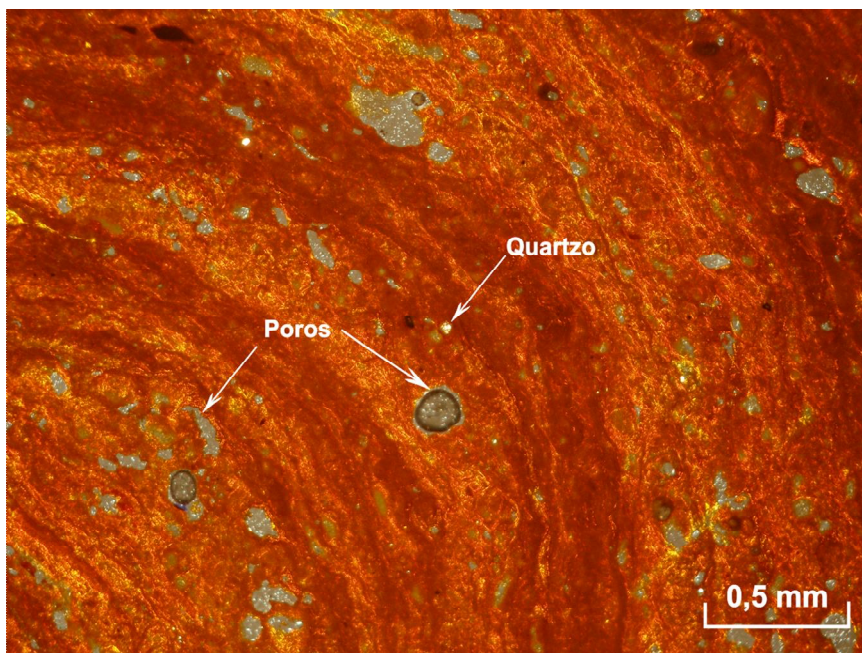


Figura 28. Laterito com estrutura concêntrica em uma matriz porosa e microcristalina de hematita e goethita, e pontuações arredondadas e corroídas de quartzo. Nicois cruzados, amostra LA-2B. Autor: Vanderlei Maniesi (2011).

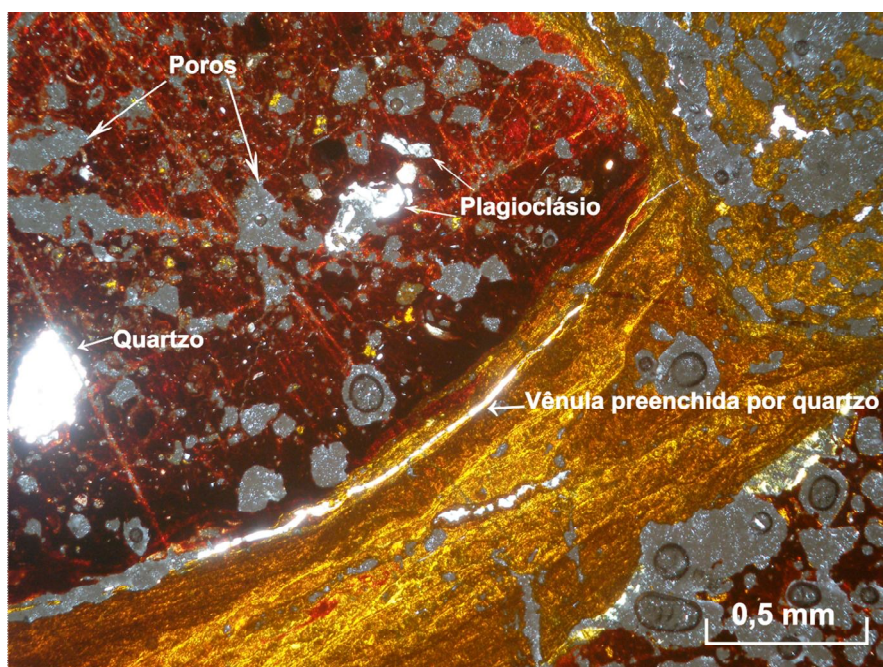


Figura 29. Laterito com uma matriz microcristalina e porosa de hematita e goethita, incluindo vênulas preenchidas por quartzo e pisólito com plagioclásio reliquiar. Nicois cruzados, amostra LA-8. Autor: Vanderlei Maniesi (2011).

Os lateritos, quando incoesos, configuram o **horizonte ferruginoso, zona incoesa**. Representam agregados resultantes do dismantelamento de laterito (zona coesa) com predomínio das frações seixo, areia e grânulo (LA-8 = 87,1%), envoltos por um material argiloso avermelhado (LA-8 = 12,8%), em função da atual facilidade de circulação de água acelerando o processo de intemperização do fragmento laterítico. Apresenta-se em contato brusco com o horizonte basal argiloso, zona argilosa vermelha (LA-8), com espessuras máximas de 4 metros (LA-1, LA-7) a 20 metros (LA-8). Os fragmentos são de coloração marrom avermelhada, contornos irregulares e diâmetros predominantes de 1 a 5 centímetros, possuindo, petrograficamente, estrutura e composição semelhante aos lateritos da zona coesa, predominando hematita e goethita microcristalinas (> 95%). Estão imersos em um material intensamente intemperizado argiloso avermelhado.

O material da natureza dessa zona incoesa é originado, segundo Moss (1965), de um provável colapso do laterito (horizonte ferruginoso, zona coesa), gerando blocos e matacões e posterior fragmentação, pela provável erosão diferencial do material da zona argilosa subjacente, em função da presença de grãos na fração areia, possibilitando a remoção de partículas clásticas e colapso do laterito sobreposto endurecido.

O material do **horizonte argiloso** mesmo possuindo um predomínio da fração argila, ocorre também quantidades expressivas de grãos na fração areia tanto na zona argilosa vermelha (LA-9A = 40,7%) quanto na zona argilosa mosqueada (LA-5 = 25,5%). Sua fração areia mostra os grãos de laterito como predominantes nas zonas argilosa vermelha (LA-9A = 40%) e mosqueada (LA-5 = 28%), tendo o quartzo e nódulos de caulinita completando sua composição mineral modal.

A **zona argilosa vermelha** encontra-se em parte exposta abaixo da zona incoesa (LA-8, LA-9) ou da zona coesa (LA-9), com espessuras superiores a 3 metros. No caso do perfil LA-9, o material desta zona encontra-se hidratado, possivelmente por estar relacionado à proximidade do lençol freático, em função de sua localização junto ao rio Madeira.

A **zona mosqueada** localiza-se abaixo da zona argilosa vermelha, com espessura de pelo menos 7 metros (LA-3, LA-5), sendo identificadas proto-colunas descontínuas e verticalizadas. São materiais caracterizados por manchas ferruginosas vermelhas centimétricas e irregulares (hematita e goethita), dispersas em uma matriz argilosa esbranquiçada a amarelada (caulinita e gibbsita).

Atualmente os materiais lateríticos da área de estudo estão sob efeito de intenso intemperismo químico, ou seja, sua exposição ao clima atual proporciona uma situação instável e em processo de eluviação. São saprólitos constituídos por um material argiloso com relictos de fragmentos ferruginosos de espessura de até 1 metro (LA-1, LA-7, LA-8). Por outro lado, podem estar cobertos por materiais coluviais (LA-3, LA-7) ou por aluviais (LA-9) que constituem as superfícies remodeladas pela dinâmica fluvial atual a sub atual, formando superfícies ou coberturas instáveis relacionadas à dinâmica do rio Madeira.

5. OS PERFIS LATERÍTICOS DA ÁREA DE ESTUDO E SUAS RELAÇÕES COM O MODELADO ATUAL

Os perfis lateríticos que afloram na área de estudo tiveram seus arranjos morfológicos se configurando ao longo dos tempos cenozóicos, a partir das modificações impostas pela ação do intemperismo físico, principalmente químico e atuação de processos neotectônicos. São arranjos representados por platôs, relevos colinosos e superfícies rebaixadas, esculpidos de acordo com a resistência aos processos intempéricos atuais da zona do perfil laterítico aflorante.

As paisagens evidenciam as formas de relevo mais exuberantes na área de estudo associadas a colinas espaiadas e/ou a suaves platôs, onde se expõem os lateritos da zona coesa, horizonte ferruginoso (LA-2, LA-6). Estas feições geomorfológicas, por possuírem destacados desníveis topográficos, favorecem a deposição nos terrenos circundantes (agradiação), em função dos atuais processos erosivos intensos. De acordo com o Zoneamento Socioeconômico Ecológico de Rondônia (RONDÔNIA, 1999), terrenos desta natureza estão definidos regionalmente como superfície de aplanamento com dissecação média e evidências de superfícies com couraças ferruginosas.

O desenvolvimento de superfícies rebaixadas encontra-se associado a perfis lateríticos com exposição de materiais da zona mosqueada, horizonte argiloso (LA-5) e da zona incoesa, horizonte ferruginoso (LA-1, LA-7). As superfícies rebaixadas, constituídas pelo material rico em argilas da zona mosqueada, exibem como característica sua fácil decomposição quando exposto à superfície desprovida de cobertura vegetal, ocorrendo frequentemente gretas de contração pelo ressecamento.

Em Morrinhos (LA-1), também como exemplo de superfície rebaixada, destacam-se exposições de feições morfológicas situadas na margem direita do rio Madeira, com uma superfície de aplanamento degradada por uma rede de drenagem de média densidade, responsável pela geração de vales amplos e abertos, interpretada pelo Zoneamento Socioeconômico Ecológico como sendo uma superfície de aplanamento com dissecação média e nenhum ou esporádicos inselbergs e tors (RONDÔNIA, 1999). Este terreno, portanto, exhibe fundos de vales amplos e rampeados, situados entre 20 e 40 metros abaixo de uma outra superfície de topo sustentada por material laterítico da zona incoesa do horizonte ferruginoso, com 3 a 4 metros de espessura. O padrão de relevo resultante delineia uma

morfologia ondulada, marcada pela alternância de topos planos e vales largos com baixas declividades, como menciona Rizzotto & Oliveira (2005).

No perfil LA-9 encontra-se em seu topo parte erodida com processos eluviais e aluviais envolvidos, mantendo-se localmente como feições morfológicas convexas colunares endurecidas junto à margem esquerda do rio Madeira (Figura 30). Sua zona coesa com estrutura colunar exhibe a base junto ao nível freático, contrapondo com as lateritas “vivas” diretamente ligadas ao lençol freático. Isto sugere uma tendência de abatimento do terreno por atividade neotectônica, por estar localizado atualmente em baixas altitudes da paisagem (60 metros) em relação aos outros perfis dos pontos LA-2 e LA-6 (até 143 metros), e por serem geradas possivelmente como capeamento de cimeira, que sob efeito de maior insolação individualiza e endurece as concreções ferruginosas.

A altitude atual de 60 metros do afloramento junto à margem esquerda do rio Madeira (LA-9) e a espessura do perfil de alteração aflorante de 8 metros sugerem que o perfil se formou em altitude superior a atual, o que contrasta com a altitude atual superior a 100 metros dos outros perfis que expõe a zona coesa (LA-6 = 107 metros; LA-2 = 143 metros). Desta forma, representam evidências que a área esteve submetida a soerguimento neotectônico, proporcionando condições favoráveis para o desenvolvimento dos perfis lateríticos e seu posterior abatimento, também por atividade neotectônica, interrompendo e/ou desacelerando o processo de laterização, o que permitiu o início da alteração e erosão elaborando gradativamente as formas de relevo atuais. As evidências de atividades neotectônicas estão registradas também no dismantelamento de superfícies lateríticas, como por exemplo, nos pontos LA-1, LA-4, LA-7 e LA-8, bem como fraturas e falhas com pequenos deslocamentos que ocorrem tanto no horizonte ferruginoso quanto no horizonte argiloso.

Em Porto Velho são descritas por Igreja & Catique (1997) feições resultantes de atividades neotectônicas relacionadas ao megalineamento Madre de Dios-Itacoatiara com um componente transcorrente destrai significativo, ao longo do qual flui o rio Madeira, limitado a sudeste por um bloco subsidente e a noroeste por um bloco soerguido (SOUZA FILHO et al., 1999). São anomalias assimétricas da rede de drenagem, incluindo capturas da drenagem retilínea unidirecional na mesma direção do megalineamento; lagos represados; abandono da extensa rede de drenagem esculpida na planície de inundação pleistocênica a noroeste do lineamento Madre de Dios-Itacoatiara; migração e o encaixe da rede de drenagem neste megalineamento.

Por se tratar de lateritos imaturos, são datados do Terciário Superior ao Pleistoceno e os movimentos neotectônicos estendendo-se até o Quaternário (COSTA, 1991) e relacionados com a rotação para Oeste da Placa Sul-Americana. A rotação gerou deformações intraplaca e atuação de esforço conjugado destal E-W, incluindo componentes transtensivas orientadas nas direções NE-SW e NW-SE (COSTA & HASUI, 1997).

Na Amazônia são reconhecidas feições transtensivas e transpressivas relacionadas a dois eventos principais de movimentação do Mioceno – Plioceno e do Pleistoceno Superior – Holoceno, ao longo de feixes de falhas transcorrentes destrais, ligados por sistemas de falhas normais ou inversas, configurando a tectônica ressurgente (HASUI, 1990). Neste último evento, entre as anomalias de relevo amazônico, teria ocorrido o controle de aspectos fisiográficos de rios, como por exemplo, a subsidência do baixo curso do rio Madeira (COSTA & HASUI, 1997).



Figura 30. Perfil laterítico junto ao rio Madeira, incluindo horizonte ferruginoso, zona coesa, com cobertura de depósito aluvial, e o horizonte argiloso, zona argilosa vermelha (Ponto LA-9). Autor: Vanderlei Maniesi (2010).

6. OS MATERIAIS LATERÍTICOS DA ÁREA DE ESTUDO E SUA IMPORTÂNCIA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Pesquisas relacionadas à ocorrência de lateritos na região amazônica como matéria prima na construção civil foram marcadas pela ação governamental em construções de rodovias, principalmente nas rodovias BR-364, que liga Mato Grosso, Rondônia e Acre; BR-317 liga o município de Boca do Acre (AM) a Assis Brasil (AC); atualmente em reconstrução, a BR-319 que liga as cidades de Porto Velho e Manaus como o principal acesso a várias cidades do sul do Amazonas. A utilização desse material residual pelos construtores como camadas de reforço, sub-base, base e revestimentos primários em função de sua elevada capacidade de suporte de carga com a compactação, condicionou-se ao fator econômico, ou seja, a qualidade e o preço do produto, a demanda do mercado consumidor e as condições de acesso às jazidas.

Os lateritos continuam sendo atrativos para diversas áreas da engenharia e arquitetura pela sua resistência e textura. Em situações peculiares, como no estado do Acre, onde não há disponibilidade de brita a custo acessível, os lateritos têm sido utilizados como agregado de asfalto (AZEVEDO, 1982). O material laterítico tem sido também utilizado em aterros, pequenas barragens, bem como em fundações, construções e revestimentos de muros, além de paredes como fachadas de residências (SOUZA, 1978; CORREIRA FILHO, 1997).

Com o crescente consumo de materiais de construção em Porto Velho, os materiais lateríticos se apresentam com significativa importância, uma vez que são materiais que se encontram na área de expansão urbana, possuindo, portanto, o fator minimizante de custos. Constitui-se de um material desagregado de extração fácil e com aplicação imediata na construção civil.

Os materiais com elevada rigidez, muito embora porosos, são encontradas nos lateritos dos pontos LA-2, LA-6 e LA-9. Nos dois últimos pontos são identificados materiais disponíveis com espessuras superiores a 5 metros e extensão de centenas de metros, enquanto no ponto LA-2 os materiais coesos configuram uma colina com algumas centenas de metros de diâmetro. São materiais que necessitam, neste caso, do envolvimento de processos de britagem para sua utilização na construção civil, como por exemplo, em camadas de pavimentos.

Por outro lado, os materiais ferruginosos incoesos dos pontos LA-7 e LA-8 estão sendo utilizados na construção civil, ocorrendo na porção superior de seus respectivos perfis como produto resultante de desmantelamento de materiais lateríticos do horizonte ferruginoso, zona coesa. Apresentam como características a sua estruturação em agregados graúdos através de nódulos e fragmentos de lateritos com porcentagem próxima a 87% de grãos com diâmetros entre 64 e 0,062 mm, em uma matriz argilosa (~13%) e, desta forma, representam maior estabilidade, durabilidade e resistência em termos de propriedades texturais para utilização na construção civil. Pela sua ocorrência próxima à superfície, são materiais que permitem sua exploração a céu aberto. São feitas em bancadas pouco mecanizadas, representando uma atividade mineral com o processo de lavra manual de baixo custo e, de certa forma, rudimentar (LA-8). A operação compreende o decapeamento, desmonte mecânico por pá-carregadeira e transporte do material laterítico por caminhões (Figura 31).

O horizonte argiloso possui um material que se transforma caracteristicamente numa massa plástica pela adição de água, podendo ser moldada com facilidade por conter teor próximo a 60% de substâncias argilosas, com traços de silte e próximo a 40% das frações areia e grânulo (LA-9A). A zona mosqueada (LA-5), porém, se apresenta enriquecida em argila (74,5%), com traços de silte e 24,6% das frações areia e grânulo. Como características mineralógicas são distinguíveis um enriquecimento gradual de quartzo desde a fração grânulo a frações mais finas de areia, com grãos de laterito encontrados com frequência nas frações grânulo e areia. São argilas com potencial para ser empregadas como matéria prima de cerâmicas como tijolos e telhas, como sugere Costa et al. (2002) para utilização desses materiais naturais.



Figura 31. Lavra do material incoeso laterítico, atualmente sendo utilizado como material de sub base para a BR-319. Detalhe em (A) dos grãos arredondados da fração grânulo (4 a 2 mm), e em (B) o enriquecimento em quartzo na fração areia muito fina (0,115 a 0,07 mm). Autor: Vanderlei Maniesi (2010).

CONCLUSÕES

- Os materiais lateríticos da área de estudo cobrem descontinuamente rochas graníticas meso proterozóicas e constituem indicativos de paleosuperfícies intensamente drenadas, sendo ora bastante resistente ao intemperismo, ora desmanteladas, como consequência das condições climáticas sub atuais e atuais. Desempenham papel importante na configuração do relevo local e regional, com feições geomorfológicas de acordo com a zona aflorante. São imaturos, ferruginosos, exibindo em seus perfis incompletos de diferenciação supergênica, partes do horizonte ferruginoso (predominante) com suas zonas coesa e incoesa, e/ou partes do horizonte argiloso com as zonas argilosa vermelha e a mosqueada.
- Os lateritos (zona coesa) e os fragmentos de lateritos (zona incoesa) são materiais de baixa densidade quando ricos em vênulas, poros e paleocondutos de raízes, com a rocha-mãe de composição granítica representada pelos traços dos minerais reliquiais quartzo, plagioclásio e microclínio, imersos em uma matriz microcristalina singenética de hamatita e goethita (> 95%).
- O desmantelamento do laterito proporcionou a geração grãos nas frações seixo, grânulo e areia (~ 87%) envoltos por argila (~ 13%), com descontinuidade no padrão de distribuição granulométrico que separa a matriz argilosa dos grãos das frações seixo e grânulo, bem como uma gradual redução dos tamanhos dos grãos de 4 a 0,062 mm de diâmetro.
- As formas de relevo mais exuberantes estão associadas aos lateritos (zona coesa), configurando arranjos morfológicos relacionados à resistência de processos intempéricos atuais. São relevos jovens em colinas residuais espraçadas e/ou a suaves platôs como formas mais estável. O desenvolvimento de superfícies rebaixadas encontra-se associado a paisagens onde afloram materiais ricos em argila (horizonte argiloso) e lateritos desmantelados (zona incoesa).
- Atividades neotectônicas cenozóicas promoveram o abatimento do terreno laterítico na margem esquerda do rio Madeira, BR-319, podendo estar associadas ao componente transcorrente destrai do megalineamento Madre de Dios-Itacoatiara e/ou pela tectônica ressurgente responsável pela subsidência do baixo curso do rio Madeira.

- A possibilidade da utilização do material laterítico para construção civil, se mostra de significativa importância devido a sua distribuição na área de expansão urbana de Porto Velho e por representar materiais desagregados graúdos de extração fácil e de lavra manual, com aplicação imediata no caso dos materiais da zona incoesa. Da mesma forma, têm-se os materiais coesos, porém, havendo, neste caso, a necessidade de britagem. Os materiais argilosos mostram-se com potencial para o emprego como matéria prima de cerâmicas como tijolos e telhas, sobretudo os materiais da zona mosqueada que apresenta conteúdo de argila superior a 70%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABSY, M.L.; CLEEF, A.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SIFEDDINE, A.; SILVA, M.F.; SOUBIES, F.; SUGUIO, K.; TURCQ, B.; VAN DER HAMMEN, T. Mise en evidence de quatre phases d'ouverture de la for et dense dans le sudest de l'Amazonie au cours des 60.000 dernieres annees. Premiere comparaison avec dautres regions tropicales. Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris 312(II), 673–678, 1991.

ABSY, M.L.; SILVA, S.A.F. Registros palinológicos das mudanças climáticas na Amazônia brasileira durante o neógeno. In: Wenceslau Geraldes Teixeira; Kern, D.; Madari, B.; Lima, H.; Woods, W. (Org.). As terras pretas de índio da Amazônia: Sua caracterização e uso deste conhecimento na criação de novas áreas. Manaus/AM – UFAM. Embrapa, v.1, p.39-47, 2009.

ADAMY, A.; ROMANINI, S.J. (Orgs.). Geologia da região Porto Velho-Abunã; folhas: Porto Velho (SC. 20-V-B-V), Mutum-Paraná (SC. 20-V-C-VI), Jaci-Paraná (SC. 20-V-D-I) e Abunã (SC. 20-V-CV). Estados de Rondônia e Amazonas. DNPM/CPRM, Brasília, 273p., 1990.

AZEVEDO, A.B. A laterita acreana utilizada como agregado graúdo no concreto. Dissertação de Mestrado, Escola de Engenharia de São Carlos - USP. São Paulo, 178p., 1982.

BEAUVAIS, A.; ROQUIN, C. Petrological differentiation patterns and geomorphic distribution of ferricretes in Central Africa. Geoderma, n.73, p.63-82, 1996.

BIGARELLA, J.J.; BECKER, R.D.; SANTOS, G.F.; PASSOS, E.; SUGUIO, K. Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais. Ed. UFSC, Florianópolis. v.1.p.191-240, 1994.

CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo. Edgard Blücher, p.102-121, 1980.

CORREIRA FILHO, F.L. Projeto avaliação de depósitos minerais para a construção civil PI/MA. Programa de interesse geológico – social. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, v.1. p.1-68, 1997.

COSTA, J.B.S.; HASUI, Y. O Pré-Cambriano da região Amazônica no Brasil. VI Simpósio Nacional de Estudos Tectônicos. Sociedade Brasileira de Geologia. Pirenópolis-GO. Anais. p.39-41, 1997.

COSTA, M.L. Contribuição à geologia das lateritas do Acre e sua importância para a construção civil. II Simpósio de Geologia da Amazônia. Sociedade Brasileira de Geologia. Belém – Pará. Anais, p. 297-311, 1985.

COSTA, M.L. Lateritos e lateritização. 36º Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia. Natal-RN. Anais, v.1. p.404-421, 1990a.

COSTA, M.L. Potencial metalogenético dos lateritos da Amazônia. 36º Congresso Brasileiro de Geologia. Sociedade Brasileira de Geologia. Natal- RN. Anais, v.1, p. 1371-1385, 1990b.

COSTA, M.L. Aspectos geológicos dos lateritos da Amazônia. Revista Brasileira de Geociências, v.21 (2), p.146-160, 1991.

COSTA, M.L. A Extensão e a importância da laterização na Amazônia. In: XLII Congresso Brasileiro de Geologia. Araxá-Minas Gerais. Recursos Minerais e Desenvolvimento socioeconômico, p.1-2, 2004.

COSTA, M.L. Introdução ao intemperismo laterítico e a lateritização. Prospeção geoquímica de depósitos minerais metálicos, não-metálicos, óleo e gás. Licht, O.A.B.; Mello, C.S.B.; Silva, C.R. (orgs.). Sociedade Brasileira de Geoquímica – SBGq / Serviço Geológico do Brasil – CPRM. Rio de Janeiro, p.199-235, 2007.

COSTA, M.L.; COSTA, M.Q.; LUNARDON, R. As lateritas manganêsíferas da Fazenda Nova Esperança (Cumaru-PA) e sua utilização no mapeamento geológico regional. Simpósio de Geologia da Amazônia, 2. Sociedade Brasileira de Geologia. Núcleo Norte: Anais do II Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém – Pará, p.286-296, 1985.

COSTA, T.C.D.; GANDOLFI, N.; COSTA, J.A. Carta de áreas presenciais a exploração de materiais naturais de construção da região metropolitana de Belém, na escala 1:50.000. 10º CBGE, Ouro Preto/MG, código 047, 2002.

DANTAS, M.E.; ADAMY, A. Geomorfologia setor Santo Antônio. Complexo Hidrelétrico rio Madeira. Convênio Furnas/CPRM. Porto Velho/RO, 96p., 2005.

ELORZA, M.G. Geomorfología climática. Catedrático de Geomorfología de La Universidad de Zaragoza, Barcelona, p.445-528, 2001.

EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2 ed. Rio de Janeiro. Embrapa Solos, 306p., 2006.

FIGUEIREDO, A.J.A.; BARROS, A.M.; EULÁLIO FILHO, A.; RODRIGUES, A.P.; BARRETO, B.F.; PIMENTEL, G.B.; COUTO, J.G.P.; REISCHL, J.L.; COSTA, S.A.G.; RESENDE FILHO, S.T.; PASTORE JÚNIOR, W.P.; RIBEIRO FILHO, W. Projeto alto Guaporé. Relatório final, Goiânia, CPRM, v.1, Convênio DNPM/CPRM, 1974.

FREITAS, H.A.; PESSENDA, L.C.R.; ARAVENA, R.; GOUVEIA, S.E.M.; RIBEIRO, A.S.; BOULET, R. Late Quaternary vegetation dynamics in the southern Amazon Basin inferred from carbon isotopes in soil organic matter. Quaternary Research 55, p.39-46, 2001.

GUERRA, A.J.T, CUNHA, S.B. (Orgs.) Geomorfologia e meio ambiente. 6ª ed. Rio de Janeiro. Bertrand Brasil, p.59-122, 2006.

GUERRA, A.T. Formação de lateritos sob a floresta equatorial amazônica (Território Federal do Guaporé). Revista Brasileira de Geografia. Rio de Janeiro, n.15, v.2, p.183-302, 1953.

GUIMARÃES, A.C.R. Um método mecanístico empírico para a previsão da deformação permanente em solos tropicais constituintes de pavimentos. Tese de Doutorado da Universidade Federal do Rio de Janeiro/COPPE/Programa de Engenharia Civil. Rio de Janeiro, 353p., 2009.

HASUI, Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. I Workshop sobre neotectônica e sedimentação cenozóica continental no sudeste brasileiro. Sociedade Brasileira de Geologia. Belo Horizonte, Anais. 11: p.1-31, 1990.

IGREJA, H.; CATIQUE, J. Análise neotectônica do lineamento de Itacoatiara, centro-leste do estado do Amazonas. VI Simpósio nacional de estudos tectônicos. Sociedade Brasileira de Geologia. Pirenópolis/GO. Anais, p.131-133, 1997.

MANIESI, V. Petrologia das rochas anfíbolíticas das regiões de Adrianópolis, Campo Largo e Rio Branco do Sul. Tese de Doutorado, UNESP, São Paulo, 215p., 1997.

MANIESI, V.; OLIVEIRA, M.A.F. Petrologia das soleiras de diabásio de Reserva e Salto do Itararé/PR. *Geochimica Brasiliensis*, n.11, v.2, p.153-169, 1997.

MANIESI, V.; OLIVEIRA, M.A.F. Metabasitos com afinidades dos basaltos komatiíticos: região de Rio Branco do Sul-PR. *Revista Brasileira de Geociências*, n.32, v.2, p.163-168, 2002.

McFARLANE, M.J. *Laterite and landscape*. New York, Academic Press, 151p., 1976.

MOSS, R.P. Slope development and soil morphology in a part of louth West Nigeria. *Journal of Soil Science*, n.16, p.192-209, 1967.

OLIVEIRA, J.G.F.; COSTA, M.L. Caracterização geológica de um perfil laterítico imaturo na região de Porto Velho – Rondônia. 9º Simpósio de Geologia da Amazônia. Sociedade Brasileira de Geologia. Belém. Anais, p.1-4, 2006.

QUADROS, M.L.E.S.; RIZZOTTO, G.J. Mapa geológico e de recursos minerais do estado de Rondônia. Escala 1:1.000.000. Programa de Geologia do Brasil – PGB. Porto Velho/RO, 2007.

RIZZOTTO, G.J.; OLIVEIRA, J.G.F. (Coords.). Projeto rio Madeira. Levantamento de informações para subsidiar o estudo de viabilidade do aproveitamento hidrelétrico (AHE) do Rio Madeira. Relatório final. Rizzotto, G.J.; Oliveira J.G. F; Quadros M.L.E.S., Castro J.M.R.; Cordeiro A.; Adamy A.; Melo Junior H.R.; Dantas M.E (Orgs) CPRM. Porto Velho/RO, 235p., 2005.

RODRIGUES, A.P.; RESENDE, L; ALMEIDA, L.; SÁ, M.A.M.; CAMPOS, J.E.G. Caracterização do meio físico e dos recursos minerais do Município de Aparecida de Goiânia – Goiás. IX Simpósio de Geologia do Centro-Oeste, Goiânia, Anais, p.66-67, 2005.

RONDÔNIA. Zoneamento socioeconômico-ecológico do estado de Rondônia. Secretaria de Planejamento do Estado de Rondônia. Texto explicativo e mapas de geomorfologia, vegetação e solos, escala 1:250.000, Porto Velho/RO, 1999.

SEDAM. Secretaria de Estado do Desenvolvimento Ambiental. Boletim Climatológico de Rondônia. Porto Velho/RO, 28p., 2008.

SIFEDDINE, A.; FROHLICH, F.; FOURNIER, M.; MARTIN, L.; SERVANT, M.; SOUBIES, F.; TURCQ, B.; SUGUIO, K.; VOLKMER-RIBEIRO, C. La sedimentation lacustre indicateur de changements des paleoenvironnements au cours des 30,000 dernières années (Carajas, Amazonie, Bresil). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris* 318 (II), 1645–1652, 1994.

SOUZA FILHO, P.W.M.; QUADROS, M.L.E.S.; SCANDOLARA, J.E.; SILVA FILHO, E.P.; REIS, M.R. Compartimentação morfoestrutural e neotectônica do sistema fluvial Guaporé-Mamoré-Alto Madeira, Rondônia, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*, 29(4) p.469-476, 1999.

SOUZA, R.S. Projeto argilas de Porto Velho. Relatório da 1ª fase. Serviço Geológico do Brasil – CPRM, 72p., 1978.

SUGUIO, K. *Geologia sedimentar*. Edgard Blucher, 400p., 2006.

VAN DER HAMMEN, T.; ABSY, M.L. Amazonia during the last glacial. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology – PALEO*. Elsevier Science, 109, p.247-261, 1994.